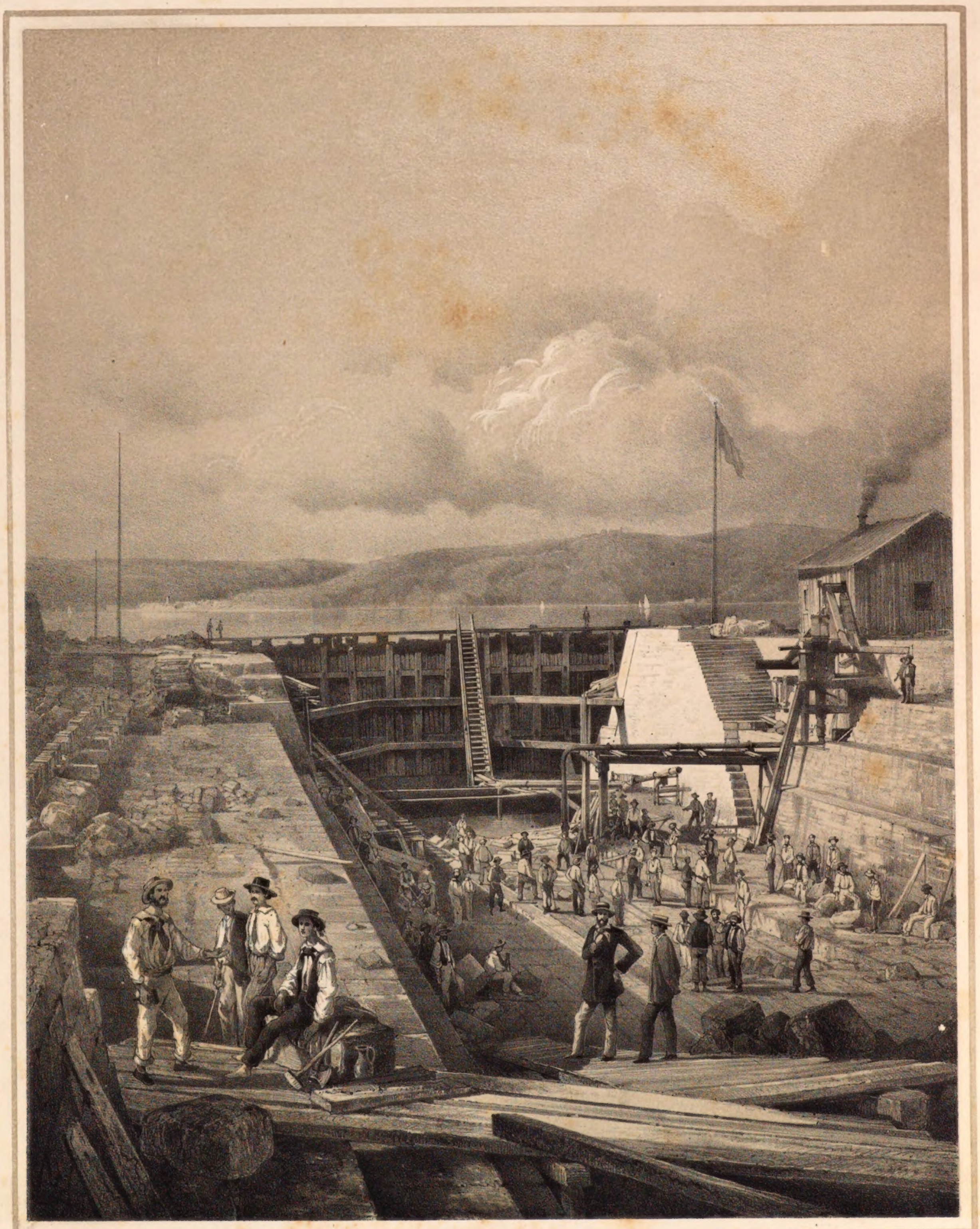
A. Hydt.
13. d

A. hydr.

13 ♎ 2°

Heider



Auf Stein gez. v. Alb. Rieger

Lith. B. Linassi

ANSICHT DES BAUPLATZES

am 12 Juli 1856 aufgenommen

Der Bau

des vereinigten

Slip- und Trocken-Dock's

im neuen Arsenale des österreichischen Lloyd

in Triest.

Ein Beitrag über die Verwendung

der Santorin-Erde

zu Wasserbauten

VON

EDUARD J. HEIDER

OBERINGENIEUR DES ÖSTERR. LLOYD, CIVIL-INGENIEUR-ARCHITEKT UND GEOMETER MITGLIED DES ÖSTERR. INGENIEUR-VEREINS UND MEHRERER ANDERER VEREINE.

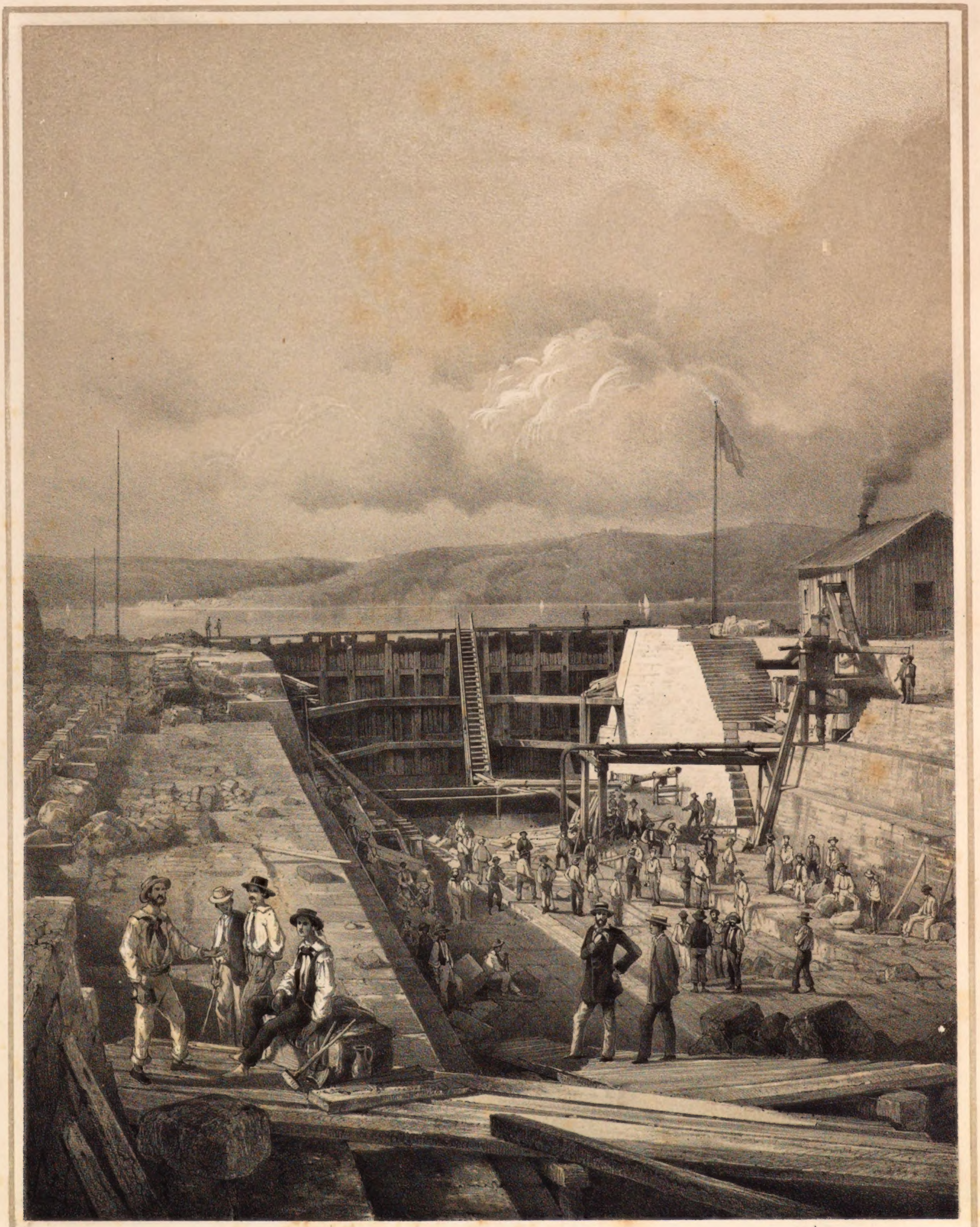
(Mit 6 lithographirten Plänen und einer Ansicht des Bauplatzes.)

TRIEST

BUCHDRUCKEREI DES ÖSTERR. LLOYD

1856.

A hydr 13 ♃ Feider



Auf Stein gez. v. Alb. Rieger

Lith B. Innassi.

ANSICHT DES BAUPLATZES

am 12 Juli 1856 aufgenommen

Der Bau

des vereinigten

Slip- und Trocken-Dock's

im neuen Arsenale des österreichischen Lloyd

in Triest.

Ein Beitrag über die Verwendung

der Santorin-Erde

zu Wasserbauten

VON

EDUARD J. HEIDER

OBERINGENIEUR DES ÖSTERR. LLOYD, CIVIL-INGENIEUR-ARCHITEKT UND GEOMETER MITGLIED DES ÖSTERR. INGENIEUR-VEREINS UND MEHRERER ANDERER VEREINE.

(Mit 6 lithographirten Plänen und einer Ansicht des Bauplatzes.)

TRIEST

BUCHDRUCKEREI DES ÖSTERR. LLOYD

1856.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

DEM

LÖBLICHEN VERWALTUNGSRATHE

der Dampfschiffahrts-Gesellschaft

DES

Österreichischen Lloyd

IN TRIEST

widmet diese Blätter hochachtungsvollst als Zeichen der aufrichtigsten Dankbarkeit für das ihm im Laufe eines so schwierigen Baues ununterbrochen geschenkte Vertrauen

DER VERFASSER.

Vorwort.

Wasserbauten gehören unter diejenigen Bauten, deren Schwierigkeit sprichwörtlich geworden ist. Sie verdanken dieses Renommée keineswegs einem allgemein gewordenen klaren Verständnisse der Sache, sondern nur der, vorzüglich in England und Amerika, wo die meisten derartigen Bauten ausgeführt wurden, gemachten Erfahrung, welche lehrte, dass fast nie ein Wasserbau ohne ganz besondere, in der Regel auch ganz unerwartete Zwischenfälle durchgeführt worden wäre. Einige Worte über den Grund dieser Eigenthümlichkeit dürften daher nicht am unrechten Orte sein.

Betrachtet man unsere gewöhnlichen Bau- und Materiallehren, so findet man einerseits die Kräfte, welchen der Bau Widerstand zu leisten hat, in allen möglichen Combinationen genau berechnet und anderseits die Kräfte, welchen die hierzu verwendbaren Materialien mit voller Sicherheit widerstehen können, ebenso genau angegeben. Die Materialien werden hierbei in der Regel nur mit $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ derjenigen Kraft in Anspruch genommen, welche ihren Bruch herbeiführen würde, und die Erfahrung hat hierüber unter unzähligen Bauten so feste Normen aufgestellt, dass es selbst Leuten ganz gut möglich ist, ein Haus, eine Brücke u. dgl. zu bauen, welche nicht die entfernteste Ahnung des Masses der Kräfte haben, mit welchen sie umgehen, noch weniger aber dieselben zu berechnen im Stande sind.

Und in der That ist diess bei solchen Bauten, die sich täglich wiederholen, auch ganz gut möglich und zulässig, denn die Kräfte, welchen der Bau durch das eigene Gewicht und die spätere Belastung ausgesetzt ist und wird, verschwinden in der Regel gegenüber der Widerstandsfähigkeit der Materialien, welche man verwenden kann. Um sich hiervon zu

überzeugen, berechne man nur einmal die Kräfte und Widerstandsfähigkeiten der Materialien, welche bei einem gewöhnlichen Hausbaue vorkommen. Mehr Beachtung schenkt man dem Masse der Kräfte bei Brückenbauten, weil sie in der That der Festigkeit der Materialien schon näher kommen, und welche sind dies? Während des Baues blos das Gewicht der verwendeten Baumaterialien, und später als grösste Belastung das Menschengedränge angenommen, auf den Quadratfuss Brückenbahn 100 bis 150 Pfund. Ja selbst bei Eisenbahn-Brücken kann das grösste Gewicht, welches eine der schwersten Locomotive auf die Brückenbahn ausübt, mit nicht mehr als 300 bis 350 Pfund auf jeden Quadratfuss angenommen werden).*

Betrachtet man dagegen einen einfachen Fangdamm, einen Hilfsbau, der blos provisorisch für die Dauer des Wasserbaues hergestellt werden muss, der z. B. einen Wasserdruck von 20 Fuss auszuhalten hat, so ergibt sich, das Gewicht des Meerwassers mit 58 Pfund angenommen, ein mittlerer Druck auf die ganze Fläche von 580 Pfund pr. Quadratfuss. Dieser Druck ist aber noch dazu kein zufälliger, sondern constanter und sehr ungleich vertheilt, denn während er in einer Tiefe bis zu einem Fusse blos 29 Pfund beträgt, ist er in einer Tiefe von 20 Fuss schon 1160 Pfund, und bei einer Tiefe von 30 Fuss 1740 Pfund, mithin nahe das Sechsfache des Druckes, welchen eine der schwersten Locomotive auf einen Quadratfuss ausübt.

Nun vergleiche man aber eine Eisenbahn-Brücke mit 80 Fuss Spannweite und die Sorgfalt, welche auf die Pfeiler und das, meist aus guten harten Quadern ausgeführte Gewölbe verwendet wurde, mit einem, wenn auch noch so solide construirten, gleich langen Fangdamm aus Holz und Lehm, wenn es überhaupt die Situation erlaubt, dem Fangdamme eine so günstige Form und Abspreitzung zu geben, dass er mit einem Gewölbe verglichen werden kann, und denke sich dazu, dass dieser Fangdamm den vier- bis sechsfachen Druck in horizontaler Richtung als constante Belastung auszuhalten hat, welchem das Gewölbe der Brücke in verticaler Richtung unterworfen wäre, wenn es mit lauter Locomotiven der schwersten Gattung belastet würde, und man wird schon aus diesem einfachen Beispiele ersehen, dass der Wasserbau-Ingenieur von der Anwendung einer 10 bis 20fachen Sicherheit gänzlich abstrahiren und sehr froh sein muss, wenn sein Bau nur die einfache Sicherheit gewährt.

Nun denke man aber ferner, dass der Bau oft von einer einzigen morschen oder unganzen Stelle eines Holzes abhängt, und dass dieses, sobald es nichts mehr trägt, seine Arbeit auf die anderen, meist auch schon bis zur äussersten Grenze in Anspruch genommenen Hölzer überträgt, und man wird die häufigen Unglücksfälle bei Wasserbauten sehr natürlich finden, namentlich aber, wenn man noch die unendliche Reihe von Naturkräften, welche sich

---

*) *Die Semmering-Locomotive sind 34 Fuss lang, 9 Fuss breit und wiegen durchschnittlich 1000 Centner, daher per Quadratfuss 326 Pfund.*

jeder Berechnung entziehen, in Anschlag bringt, z. B. Wellenschlag, ungewöhnlich hohe Wasserstände, Würmer, die das Baumateriale zerfressen, unerwartete chemische Thätigkeiten in den Baumaterialien u. dgl.

Kann man endlich auf festem Lande fast täglich sehen, dass Mauern, welche dem Erddrucke ausgesetzt sind, nach einem mehrtägigen Regen umstürzen, so sollte doch ein solcher Fall bei einer Mauer um so verzeihlicher erscheinen, welche oft gänzlich unter Wasser auf einem Grunde, dessen Eigenschaften man nie ganz erforschen kann, hergestellt ist, und dem Drucke eines durch Wasser fortwährend veränderten Materials ausgesetzt wird.

Alle diese Verhältnisse werden aber leider nur zu selten richtig gewürdiget, und kommt bei einem Wasserbaue ein oder der andere Unglücksfall vor, so sind sehr häufig gerade diejenigen Fachgenossen, die sich nicht mit Wasserbauten beschäftigen, die Ersten, die ein verdammendes Urtheil fällen. Und sprechen ein solches Urtheil einmal Solche aus, die als Fachkenner gelten, so ist es dem Nichtkenner um so weniger zu verargen, wenn auch er an Allem, namentlich aber an der Fähigkeit des Ingenieurs verzweifelt.

Diess ist aber leider die nur zu wahre Situation, in der nicht nur ich mehrmals stand, sondern in welche gewiss jeder Wasserbau-Ingenieur mehr oder weniger oft kommt, und die schon manchem sehr tüchtigen, geschickten jungen Manne seine Existenz, seinen Namen und seine Zukunft gekostet hat.

Ich glaube mich aber gerade jetzt, wo ich den grössten derartigen Bau, der in Oesterreich und in dem adriatischen Meere besteht, glücklich zu Ende geführt habe, um so mehr berechtigt und berufen, auf diese Verhältnisse hinzuweisen, als ich einerseits eben das Glück hatte, mir unter allen, mitunter sehr misslichen Umständen das Vertrauen der Direction des österreichischen Lloyd immer noch zu erhalten, und anderseits eben im Begriffe bin, meine Bauführung einem grösseren Publicum wahrheitsgetreu und ohne irgend einem Hinterhalte vorzulegen, mithin noch immer den Leser dieses Schriftchens um freundliche Berücksichtigung dieser Verhältnisse bitten muss.

Die Berechnungen der Stabilitäten, Stärke der Materialien, des Wasser-, Lehm- und Erddruckes u. dgl., welche ich in allen möglichen Combinationen und unter allen denkbaren Voraussetzungen zum Theile ursprünglich, zum Theile, um vorgefallene Ereignisse zu erklären, durchführte, habe ich in diesem Schriftchen nicht detaillirt angesetzt, sondern nur deren Resultate mitgetheilt, da die hiefür geltenden Formeln dem theoretisch gebildeten Fachmanne ohnediess geläufig sind, und die Rechnung selbst blos locales Interesse hatte.

Ich habe ferner der Santorin-Erde und ihrer Verwendung einen eigenen Abschnitt dieses Schriftchens gewidmet, da meine Untersuchungen und Erhebungen darüber doch in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Baue, welchen dieses Schriftchen als Thema hat, standen, und ich dabei einen Weg betreten zu haben glaube, der, wenn auch noch auf so mancher Hypothese fussend, doch der einzige sein dürfte, auf welchem seiner Zeit und durch

beharrliches Verfolgen sichere Resultate und feste Anhaltspuncte gewonnen werden dürften. Mindestens scheint mir die Sache selbst wichtig genug, um auch das Interesse der Männer der Wissenschaft anzuregen und von ihnen weitere Aufschlüsse erwarten zu können.

Bevor ich aber schliesse, glaube ich noch dem Ingenieur Herrn Josef Prucha, der mit unermüdeter Thätigkeit und ausgezeichneter Fachbildung mich durch die ganze Zeit des Baues unterstützte und den, ebenso die geistige als physische Kraft oft nur zu sehr in Anspruch nehmenden, Dienst gemeinschaftlich mit mir besorgte, daher auch wesentlich zur glücklichen Lösung der Aufgabe beitrug, meinen herzlichsten Dank öffentlich aussprechen zu sollen, so wie ich auch den Eifer meines übrigen Personales, welches sich mit ganzer Seele der Durchführung des Baues annahm, mit grösstem Vergnügen und dankbarst anerkenne.

TRIEST im Juli 1856.

EDUARD J. HEIDER.

I.

Geschichte des Projectes,

in der Zeitperiode von der ersten Anregung der Idee zur Erbauung eines Arsenals bis Ende Mai 1853.

Die Aufgabe der Dampfschiffahrts-Gesellschaft des österreichischen Lloyd bestand bei deren Begründung fast einzig und allein in der Schiffahrt, die Reparatur der Schiffe und Maschinen musste nothwendig bei einer kleinen Anzahl von Schiffen in den Hintergrund treten.

Mit der Ausdehnung der Betriebsmittel mussten aber natürlich auch die Reparaturskosten, so wie überhaupt die Möglichkeit, diese Reparaturen in kürzester Zeit und ganz unabhängig vornehmen zu können, die Aufmerksamkeit der Direction auf sich lenken, und es stellte sich sehr bald schon heraus, dass die Errichtung einer eigenen Reparaturs-Werkstätte im Interesse der Unternehmung liege. War nun auch die Erbauung einer eigenen Schiffswerfte noch nicht ganz angezeigt, da die ausschliesslich hölzernen Schiffskörper mit Kupferbeschlag nur selten einer Reparatur bedurften, und für solche Fälle die vorhandenen Werften ganz ausreichend waren, so stellte sich um so dringender eine Reparaturs-Werkstätte für die Maschinen heraus.

Eine solche wurde daher nächst dem alten Lazarethe in einem gemietheten Locale errichtet und erhielt in kurzer Zeit eine solche Ausdehnung, dass sich dieselbe einer eben nicht ärmlich eingerichteten Maschinen-Werkstätte ganz würdig an die Seite stellen konnte. Allein das Local stellte der weitern Ausdehnung, welche sich mit dem, selbst die kühnsten Erwartungen übertreffenden, Aufschwung des Betriebs der Schiffahrt und mit der hierdurch bedingten Vermehrung der Betriebsmittel als absolute Nothwendigkeit ergab, nur zu enge Grenzen.

Der gleichzeitig eingetretene Umschwung im Schiffbaue und namentlich die Vortheile, welche die Verwendung eiserner Propeller allen Dampfschiffahrts-Gesellschaften in

GESCHICHTE DES PROJECTES.

Aussicht stellten, hinter welchen der Lloyd nicht zurückbleiben konnte, verbunden mit der einerseits nothwendigen öfteren Reparatur und Reinigung der Schiffe aus Eisen und der anderseits gleichzeitigen Occupation der vorhandenen spärlichen Schiffswerften für anderweitige Zwecke, brachte die Direction des österreichischen Lloyd an diejenige Grenze, wo eine Abhilfe, in einer oder der andern Weise, zur Lebensfrage des ganzen Unternehmens wurde. Zudem stellte sich auch die Concentrirung der bisher zerstreut gelegenen Arbeitslocalitäten in ökonomischer Beziehung dringend heraus, da der Transport der Maschinentheile und Kessel aus den Schiffen in die Reparaturs-Werkstätte und von dort wieder auf die Werfte, oder auf die Schiffe nicht nur sehr bedeutende Kosten verursachte, sondern auch die allerorts zerstreuten Arbeitskräfte eine Aufsicht und einheitliche Leitung fast zur Unmöglichkeit machten.

Unter solchen Verhältnissen, zu einer durchgreifenden Massregel gedrängt, fasste die Direction des österreichischen Lloyd, ihrem Motto »Vorwärts« getreu, den Beschluss, allen Uebelständen auf Einmal durch Erbauung eines neuen Arsenals radical abzuhelfen. Dasselbe sollte ein Institut werden, wo sich alle an den Betriebsmitteln vorkommenden Reparaturen oder Neuherstellungen systematisch vornehmen lassen, und wobei nicht nur auf die Gegenwart, sondern auch auf den wahrscheinlichen Bedarf der zukünftigen Entwicklung des Unternehmens gehörig Bedacht genommen werden sollte.

Diesem Beschlusse folgte nun auch unverzüglich die Ausführung, indem man den Architekten, Herrn Christian Hansen, für die Verfassung der nöthigen Entwürfe engagirte und, um ihn in die Lage zu setzen, alle neuesten Verbesserungen und zweckmässigsten Einrichtungen hierbei in Anwendung bringen zu können, mit der Besichtigung aller ähnlichen Etablissements des Auslandes beauftragte.

Hiervon zurückgekehrt, hatte Herr Hansen die ihm gewordene ebenso interessante als schwierige Aufgabe in den allgemeinen Umrissen beendet, als er im Herbste 1852 durch eine schwere Krankheit an das Bett gebunden wurde. Indessen wurde aber auch das Bedürfniss des neuen Arsenals mit jedem Tage dringender, und die von der Direction vorausgesehenen Verlegenheiten fingen schon an, sich wirklich einzustellen. Mehrere eiserne Propeller waren schon angekommen und im Betriebe, und die Reinigung deren Schiffskörper in nächster Zeit als nothwendig zu gewärtigen, während in ganz Triest oder der Umgebung keine einzige Schiffswerfte, die die genügende Sicherheit zum Aufziehen eines solchen Schiffes, ohne gänzlicher Desarmirung desselben, geboten hätte, und noch weniger ein Trocken-Dock oder eine ähnliche Anstalt bestand.

Es musste daher auch derjenige Theil des Arsenals, welcher vorzüglich für den Schiffbau bestimmt war, um jeden Preis gefördert werden. Derselbe bestand nach dem im Allgemeinen entworfenen Projecte des Herrn Hansen aus einer Schiffswerfte für 5 grosse, oder 3 grosse und 3 kleinere Schiffe, einem Slip, nach dem in England patentirten Systeme von Morton, und einem Trocken-Dock, nebst den nöthigen Gebäuden.

GESCHICHTE DES PROJECTES.

Die Direction brachte daher die erforderlichen Grundankäufe in einem sehr passend befundenen Puncte in der Bucht von Muggia zum Abschlusse, und schloss gleichzeitig mit Morton in England den Lieferungsvertrag für die Maschinen, Aufzugsvorrichtungen und den Wagen sammt den Schienen für den Slip ab, in der Hoffnung, den Bau desselben in ähnlicher Weise wie in England in kürzester Zeit herstellen zu können.

Gleichzeitig und während Herr Hansen noch krank darniederlag, arbeitete sein technisches Personale die Detailpläne für die Fangdämme zu dem Baue des Slip aus.

Zum bessern Verständnisse des Folgenden glaube ich hier eine kurze Beschreibung der unter diesem Namen begriffenen Vorrichtung einschalten zu müssen.

Das Verhältniss eines Slip oder Schlepphellings zu einer Schiffswerfte ist ungefähr dasselbe, wie jenes einer Eisenbahn zu einer Strasse. Ein Slip ist eine vervollkommnete Schiffswerfte, beides sind schiefe Ebenen, und während bei einer gewöhnlichen Schiffswerfte die Schiffe auf einem Schlitten sitzend, gewöhnlich mittelst Menschenkraft hinaufgeschleift werden, sind bei einem Slip Eisenschienen angebracht, auf welchen sich ein Wagen mit kleinen Rollen bewegt. Auf diesen Wagen wird sodann das Schiff gerade wie bei der Werfte auf den Schlitten gebettet und mittelst Maschinenkraft hinaufgezogen.

Diese schiefe Ebene muss natürlich in beiden Fällen so weit unter dem Meeresspiegel fortlaufend hergestellt werden, bis die erforderliche Tiefe vorhanden ist, damit der Wagen unter dem Schiffe Platz habe. Da es sich hierbei immer darum handelt, das Schiff auf der schiefen Ebene so weit hinaufzuziehen, dass es ausser dem Bereiche des Fluth-Wasserspiegels zu stehen kommt, so werden diese schiefen Ebenen auch nur so weit unter diesem fortgesetzt, dass das Schiff zur Zeit des täglich zweimal wiederkehrenden Fluth-Wasserstandes auf den Schlitten oder Wagen eben auffahren kann. Eine weitere Verlängerung dieser schiefen Ebene nach abwärts würde ganz überflüssig erscheinen, da das Eintreten der Fluth immer leicht abgewartet werden kann, und das Aufziehen eines Schiffes zur Zeit der Ebbe nur den Weg, welchen das Schiff zurückzulegen hat, unnöthig verlängern, und hiermit auch Gefahr und Kosten vermehren müsste.

Wie man hieraus ersieht, ist nach beiden Richtungen hin die Länge der schiefen Ebene durch die gewöhnliche Fluthhöhe bedingt. Es geht auch hieraus hervor, dass in Orten, wo die Unterschiede zwischen Fluth und Ebbe so gross, oder mindestens nicht viel kleiner sind, als Tiefe für das untere Ende der schiefen Ebene erforderlich ist, wie diess zum Beispiel in England der Fall ist, auch die ganze schiefe Ebene zur Zeit der Ebbe trocken liegt, ein Vortheil, der nicht nur für die Instandhaltung der schiefen Ebene, sondern ganz besonders auch der ersten Einrichtung derselben sehr zu Statten kommt. — Während man nämlich an solchen Orten den Bau der tiefern Theile zur Zeit der Ebbe ohne weiterer Vorkehrung gerade wie auf dem Lande herstellen, oder wenn Fangdämme hierzu errichtet werden wollen, dieselben mit aller Solidität anfertigen und in jeder Höhe die beiderseitgen Wände gegenseitig verbinden oder unterstützen kann, ja selbst wenn sich

GESCHICHTE DES PROJECTES.

ein Gebrechen zeigt, man täglich zweimal dazu kommen kann, um demselben abzuhelfen, müssen an solchen Orten, wo diese Unterschiede zwischen Fluth und Ebbe sehr unbedeutend sind, wie diess z. B. in Triest der Fall ist, zuerst kostspielige Fangdämme unter dem Wasserspiegel, ohne der Möglichkeit einer untern Verbindung oder Unterstützung der Wände, hergestellt, und vor Allem der Bauplatz durch Auspumpen des Wassers trocken gelegt werden. Zeigt sich hierbei sodann ein Gebrechen noch an den Fangdämmen, und man ist so glücklich, durch alle denkbaren Kunstgriffe die schadhafte Stelle zu finden, so beginnt erst wieder die Reparatur unter Wasser.

Dieser, den Bau von Slip's, Trocken-Dock's, Schiffswerften etc. gegenüber England so sehr erschwerende Umstand machte sich auch in den für den Bau des Slip ausgearbeiteten Projecten sehr bald geltend; denn während man in England den Unterbau eines Slip immer in kürzerer Zeit als die Maschinen herstellen kann, beanspruchte das damals vorgelegene Project zur Herstellung der Fangdämme allein eine Bauzeit von mindestens 2 Jahren und ein Capital von beiläufig 200,000 fl. — Und sodann hätte erst der eigentliche Bau beginnen können, der aber auch nicht in einer einfachen Untermauerung der Schienen bestehen konnte, sondern nothwendig Seitenmauern und ein Schleussenthor erhalten musste, um seiner Zeit Reparaturen, Auswechslungen von Schienen, Reinigungen u. dgl. vornehmen zu können.

Die Direction des österreichischen Lloyd fand sich durch dieses Fangdamm-Project in ihren Erwartungen, durch den schnellen Bau des Slip einer dringenden Verlegenheit enthoben zu werden, sehr unangenehm enttäuscht, und da Herr Hansen noch immer krank darniederlag, stellte die Direction an mich, der damals in k. k. Staatsdiensten den Bau der Eisenbahn zwischen Triest und Nabresina leitete, die für mich sehr ehrenvolle Anfrage, ob ich kein Mittel wüsste, den Bau des Slip in kürzerer Zeit und wo möglich auch mit weniger Kosten herzustellen.

Das damals vorliegende Project beantragte einen Raum von 650 Fuss Länge, senkrecht auf das Ufer gemessen, und 170 Fuss Breite, parallel zum Ufer gemessen, d. i. mehr als 3000 Quadrat-Klafter im offenen Meere, allen Stürmen ausgesetzt, mittelst Fangdämme zu umfassen. Diese sollten vom Ufer weg, wo der Meeresgrund Felsen ist und kein Einschlagen von Piloten gestattete, aus einem einfachen Lehmdamme mit beiderseitigen Böschungen von 1 : 2 bestehen. Weiter hinaus und zwar bis zu einer Tiefe von 28 bis 30 Fuss, unter dem Meeresspiegel, wo Pilotenwände zulässig erschienen, sollten diese Fangdämme aus 12 Zoll dicken, doppelten Spundwänden, welche 5 Fuss von einander entfernt standen, und mit Lehm auszufüllen beantragt waren, hergestellt werden. Für den innern eigentlichen Ausbau des Slip lag aber noch kein Project vor.

Mit der innigsten Ueberzeugung, dass ein Lehmdamm mit Böschungen von 1 : 2 unter dem Wasserspiegel ganz unausführbar ist, und dass die 5 Fuss starken Fangdämme bei einem Wasserdrucke von 28 bis 30 Fuss Höhe unfehlbar umgedrückt werden müssen,

GESCHICHTE DES PROJECTES.

mithin auch jede Aenderung des Projectes nach meinen Ansprüchen an Solidität dasselbe nur noch weit kostspieliger und zeitraubender machen musste, liess ich dieses Project ganz bei Seite und schlug der Direction des österreichischen Lloyd, auf Grundlage einer vorausgegangenen genauen Untersuchung sämmtlicher Localverhältnisse, vor: vom Ufer weg zwei parallele Molos derart bleibend herzustellen, dass zwischen denselben die Arbeiten für den Slip vorgenommen werden konnten. Ich beantragte diese beiden Molos bis zur Höhe des Wasserspiegels aus Santorin-Gussmauerwerk herzustellen, und dieselben sodann vorne mit einem Fangdamme abzuschliessen, und erzielte hiermit unter der, bisher allerdings noch nicht erprobten Voraussetzung, dass das Santorin-Mauerwerk wasserdicht sein müsse, die wesentlichen Vortheile:

1) den trocken zu legenden Bauplatz auf einen kleinern Raum zu beschränken;

2) diese beiden Molos nach vielfachen Erfahrungen über Santorin-Gussmauerwerk innerhalb längstens 8 Monaten herstellen zu können;

3) jeder Verlegenheit über die Construction der Fangdämme, dort, wo keine Piloten eingeschlagen werden können, überhoben zu sein;

4) diese beiden, jedenfalls herzustellenden Molos schon vor Beginn der eigentlichen Bauten des Slip hergestellt zu haben; und endlich

5) fast die ganzen Kosten der Fangdämme des vorgelegenen Projectes ersparen zu können, da die, wie schon bemerkt, jedenfalls nöthigen Molos in meinem Projecte die Stelle der Fangdämme vertreten.

Dieser Vorschlag wurde von der Direction des österreichischen Lloyd auch unverzüglich genehmigt, und dessen sogleiche Ausführung beschlossen.

Ich wurde aber ersucht, bis zur Wiederherstellung der Gesundheit des Herrn Hansen die Leitung der Arbeiten zu übernehmen.

Nun wurden die detaillirten Pläne unverzüglich ausgearbeitet, Santorinerde, Holz, Steine etc. angeschafft, die Errichtung eines eigenen Kalkofens mit ununterbrochenem Gange auf der Insel St. Andrea bei Rovigno in Istrien beschlossen, und mit einem Unternehmer ein Vertrag zur Herstellung der Santorinkästen, so wie zur Bereitung des Betons abgeschlossen, in welchem sich derselbe verpflichtete, das gesammte erforderliche Santorin-Gussmauerwerk, zu welchem der Lloyd das sämmtliche Materiale, mit Ausnahme von Sand und Steinstücken, beizustellen hatte, innerhalb 8 Monaten herzustellen. —

Trotz dem, für solche Arbeiten höchst ungünstigen Wetter, wurde Anfangs Jänner 1853 mit der Herstellung der Laufgerüste begonnen. Die hierzu erforderlichen Piloten mussten mittelst eines auf einem Schiffe angebrachten Schlagwerkes eingerammt werden, eine Arbeit, die durch jede noch so unbedeutende Bewegung des Meeres, wo auch das Schlagwerk zu schwanken beginnt, unterbrochen wird. Dem ungeachtet war Ende Jänner 1853 ein bedeutender Theil des Laufgerüstes für den Kopf des rechtseitigen Molo fertig, und es wurden bereits die Piloten für die Santorinkästen geschlagen, als mir durch

GESCHICHTE DES PROJECTES.

Dienstesverhältnisse die weitere Leitung des Baues unmöglich wurde. Hiermit wurden aber von mehreren Seiten auch Zweifel über die Ausführbarkeit meines Vorschlages erhoben, welche selbst die sogleiche Einstellung der begonnenen Bauten zur Folge hatten. Die wichtigsten Einwendungen bestanden darin, dass man die Wasserdichtheit des Santorin-Mauerwerks bezweifelte, meine beiden Molos mit einem Gefässe ohne Boden verglich und die Behauptung aufstellte, ein solches könne nie wasserdicht sein, wenn es auch noch so gut auf dem Boden anschliesst; ferner, dass die beiden Molos in Folge der abschüssigen Beschaffenheit des Meeresgrundes sich in der Mitte brechen und in der Längenachse abrutschen müssen.

Nach vielfachen Verhandlungen wurde ich endlich von der Direction des österreichischen Lloyd zu einer Sitzung eingeladen, welche am 18. April 1853 stattfand und welcher ausser den Directoren verschiedene Fachmänner beigezogen wurden. In dieser Sitzung war, obwohl ich auf die Thatsache hinwies, dass bereits unter meiner Leitung am Stationsplatze zu Triest der Molo Klutsch, der durchaus nicht mit Rücksicht auf eine solche Benützung erbaut wurde, als Fangdamm diente, und es mir erlaubte, die anschliessende Quaimauer 19 Fuss unter dem Meeresspiegel und 13 Fuss unter dem Fundamente des Molo trocken herzustellen, der fast einstimmige Ausspruch der Techniker, dass die Trockenlegung des Bauplatzes nach meinem Vorschlage unausführbar sein werde, und nur der k. k. Inspector und Vorstand der Triester Baudirection, Herr Sacchetti, erklärte sich mit meinem Antrage einverstanden.

Hiermit wurde aber die Verlegenheit der Direction mit jedem Tage grösser, die bereits längere Zeit im Betriebe verwendeten eisernen Propeller zeigten schon deutlich das Bedürfniss einer Reparatur oder mindestens der Reinigung des Schiffskörpers, und für den Bau waren abermals mehrere Monate ohne Fortschritte verflossen, ja die Ausführbarkeit des Baues selbst in Frage gestellt.

Nach längerer Berathung, in welcher auch die Frage, ob man nicht überhaupt den Bau des Slip ganz unterlassen und sogleich den Trockendock beginnen sollte, wobei aber die Frage über die Art der Ausführung auf denselben Punct zurückkam, da mein Vorschlag für die Herstellung des Docks dieselben Vortheile in Aussicht stellte, beschloss endlich die Direction, in weiterem Anbetracht, dass die Maschinen für den Slip bereits angeschafft waren, und die Frage, ob für die Ebbe- und Fluthverhältnisse Triest's nicht überhaupt ein Slip einem Trocken-Dock vorzuziehen sei, erst durch die Erfahrung vollkommen entschieden beantwortet werden kann; das von mir vorgeschlagene Bausystem für den Slip durchzuführen, und wenn es sich hier bewährt, dasselbe auch auf den Bau des Trocken-Dock anzuwenden.

Gleichzeitig wurde der Beschluss gefasst, einstweilen die Schiffswerfte in der möglichst kurzen Zeit derart herzustellen, dass dieselbe zum Aufziehen der Schiffe auf gewöhnliche Weise vollkommen geeignet sei.

GESCHICHTE DES PROJECTES.

Endlich wurde aber auch beschlossen, es in meine Macht zu stellen, das unter so in Frage gestellten Verhältnissen meinem Projecte geschenkte Vertrauen auch durch die That zu rechtfertigen, indem mir die Direction aus Anlass der ablehnenden Erklärung des Herrn Hansen den ehrenvollen Antrag machte, die Ausführung des Baues selbst zu übernehmen.

Obwohl nun bis zu meiner Enthebung aus den k. k. Staatsdiensten abermals mehrere Monate verstrichen, so wurde doch der Bau von nun an mit aller Thätigkeit betrieben, und es kann füglich erst diess als derjenige Zeitpunct betrachtet werden, von welchem sich der Beginn des Slipbaues, welchem diese Blätter gewidmet sind, datirt.

Bevor ich aber zur eigentlichen Baugeschichte übergehe, dürfte es am Platze sein, eine kurze Auseinandersetzung der Eigenschaften und Art der Verwendung der Santorin-Erde, welcher bei diesem Baue eine so bedeutende Rolle zugewiesen war, einzuschalten.

II.

Die Santorin-Erde und ihre Verwendung.

Die Santorin-Erde ist ein auf der griechischen Insel Santorin im ägäischen Meere vorkommendes Naturproduct. Schon die Geschichte schreibt die Entstehung dieser Insel einer vulkanischen Eruption, 67 Jahre vor Christi Geburt, zu, und sowohl die Kraterform und später entstandenen Schlacken-Inseln und Bimsstein-Auswürfe in den Jahren 726, 1427, 1573 und 1707 in dem grossen Krater von Santorin, als auch die geognostischen Verhältnisse stellen diess ausser jeden Zweifel.

Die Insel selbst besteht aus einem halbkreisförmigen Basalt- und Trachit-Felsen, wovon die zweite Hälfte, welche den vollen Umkreis des Kraters ursprünglich bildete, versunken zu sein scheint, und während diese zerrissenen Felswände an ihren höchsten Puncten ganz nackt erscheinen, ist ihr Fuss mit den letzten Auswürfen des Kraters mit Lava und sogenannter Asche bedeckt, deren Mächtigkeit 4 bis 7 Klafter erreicht *).

Diese Asche oder die Santorin-Erde wird dort an jedem Puncte der 3½ Quadrat-Meilen grossen Insel, mithin auch unmittelbar am Meeresufer in solchen Massen gewonnen, dass deren Ausbeutung kaum denkbar ist.

Dieselbe erscheint als ein aschgraues, theilweise sandiges Pulver, welches scharf anzufühlen ist, und sowohl seines offenbar vulkanischen Ursprunges als auch seines Ansehens wegen wohl nur figürlich als Asche bezeichnet wird.

Der Mineralog erkennt dieselbe als ein Gemenge von empyrodoxen Quarzen, worunter sich namentlich Bimsstein und Obsidian als Sand und auch in grösseren Stücken

*) Nähere, sehr interessante Beschreibungen dieser Insel sammt einer Karte derselben findet man in Förster's Allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1848, Seite 55 und im Notizblatte dieser Zeitung Jahrgang 1852, Seite 241.

vorfinden. Als einzelne, offenbar von den höheren Felsen abgestürzte Klaubstücke findet man ferner in der Santorin-Erde mehr oder weniger veränderten Obsidian-Porphyr oder Trachit, mit eingesprengtem Feldspathe, Quarz- und Augit-Krystallen, und endlich auch Lava in den verschiedensten Formen.

Da nun aber Bimsstein ganz allgemein als ein entfärbter und durch Hitze aufgeblähter Obsidian angesehen wird, so kann man die Santorin-Erde vom mineralogischen oder geognostischen Standpuncte als einen durch Feuer zersetzten Obsidian-Porphyr betrachten.

Diese Ansicht wird durch die chemischen Analysen der Santorin-Erde nur noch mehr bestätiget, und es wurden daher in den folgenden Tabellen mehrere Analysen der Santorin-Erde, so wie auch anderer natürlich vorkommender homogener Silicate, namentlich des gemeinen und glasigen Feldspathes, des Obsidians und des Bimssteins zusammengestellt, und denselben die Analysen des ähnlich verwendeten Trass und der Puzzolane beigefügt.

Zusammenstellung

verschiedener chemischer Analysen von Santorin-Erde.

Bestandtheile	a			b			c	d	e	f
	in Salzsäure		Zusammen	in Salzsäure		Zusammen	Zusammen	Zusammen	Zusammen	Zusammen
	löslich	unlöslich		löslich	unlöslich					
Kieselerde	—	66·98	66·98	—	64·34	64·34	64·48	66·37	65·47	68.50
Thonerde	5·91	7·20	13·11	5·83	5·05	10·88	11·28	12·85	16·45	13.31
Kali	—	3·23	3·23	—	4 83	4·83	5·49	4·32	4·34	3·13
Natron	—	4·81	4·81	—	6·05	6·05	2·27	3·60	2·33	4·71
Kalkerde	2·46	—	2·46	3·62	—	3·62	4·12	3·24	2·94	2·36
Eisenoxyde	3·30	2·12	5·42	4·83	1·61	6·44	3·83	4·67		
Titanoxyd	—	—	—	—	—	—	—	—	3·13	5.50
Manganoxyd	—	0·83	0·83	—	2·77	2·77	0·46	0·59		
Magniumoxyd	—	1·03	1·03	—			1·11	—	1·52	0·73
Wasser	1·55	—	1·55	1·50	—	1·50	2·31	2·00	—	1·05
Zusammen	13·22	86·20	99·42	15·78	84·65	100·43	95·35	97·64	96·18	99·29

Die unter **a** angegebene Analyse wurde von dem Herrn B. Margulies, Director der chemischen Fabrik des Herrn Ritter von Werkstätten in Triest ausgeführt und mir mitgetheilt.

Die unter **b** angegebene Analyse wurde von Herrn Theil im chemischen Laboratorium des politechnischen Institutes in Wien ausgeführt, und findet sich in A. Schrötter's „die Chemie in ihrem gegenwärtigen Zustande," Wien 1847.

Die unter **c** angegebene Analyse findet sich in Förster's Allgemeiner Bauzeitung, 13. Jahrgang 1848, Seite 54.

Die unter **d** angegebene Analyse ist einem Artikel des Herrn Neiser in der Wiener Ingenieur-Vereins-Zeitschrift, Jahrgang 1850 Seite 2, entnommen.

Die unter **e** angegebene Analyse wurde von dem Herrn Professor Servadio ausgeführt, und ist in der Zeitschrift für Bauwesen, Berlin 1851 und im Notizblatte des Architekten-Vereins zu Berlin, neue Folge Nr. 2 Seite 25, angeführt.

Die unter **f** angegebene Analyse von Herrn Schöne, im Laboratorium des königl. Gewerbe-Institutes zu Berlin ausgeführt, ist in die Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 1849, 2. Lieferung, aufgenommen.

DIE SANTORIN-ERDE

Zusammenstellung

der chemischen Analysen verschiedener Silicate.

Bestandtheile	a	b	c	d	e	f			g	h
	Feldspath			Obsidian	Bimsstein	Trass			Trass	Puzzolane
	gemeiner		glasiger			in Salzsäure löslich	in Salzsäure unlöslich	Zusammen		
Kieselerde	60·25	65·52	67·87	74·80	77·50	11·50	37·44	48·94	57	44·5
Thonerde	22·00	19·15	15·72	12·40	17·50	17·70	1·25	18·95	16	15·0
Kali	14·00	14·73	6·68	6·40	3·00	0·29	0·08	0·37	7	1·4
Natron	—	—	2·86			2·44	1·12	3·56	1	4·1
Kalkerde	0·75	0·60	3·16	1·95	—	3·16	2·25	5·41	2·6	8·8
Eisenoxyde	—	—	2·14	2·03	1·75	11·77	0·57	12·34	5	12·0
Titanoxyd	—	—	—	—		—	—	—		
Manganoxyd	—	—	—	1·31		—	—	—	—	—
Magniumoxyd	—	—	1·40	0·89	—	2·15	0·27	2·42	1	4·7
Wasser	1·00	—	—	—	—	7·65	—	7·65	9·6	9·2
Organ. Subst.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Analyse **a** des Feldspathes ist von Bucholz.
Die Analyse **b** und **c** des Feldspathes sind in Knapp's chemischer Technologie angegeben.
Die Analyse **d** des Obsidians von Telkobanya nach Erdmann.
Die Analyse **e** des Liparischen Bimssteines nach Klaproth.
Die Analyse **f** des Trass im Brohlthale nach Elsner.
Die Analyse **g** des Trass nach Angabe in Schubarth's Chemie.
Die Analyse **h** der Puzzolane nach Berthier.

Zu den in diese Zusammenstellung der Analysen der Santorin-Erde aufgenommenen verschiedenen Angaben kommt noch zu bemerken, dass ich unter den mir bekannt gewordenen Analysen nur solche aufnahm, deren Richtigkeit innerhalb jener Grenzen, welche einerseits durch das Verfahren der Analyse, anderseits durch die nicht absolut gleiche Beschaffenheit der Santorin-Erde gezogen sind, keinem Zweifel unterliegt *).

Wie man ferner sieht, ist die Summe der angegebenen Bestandtheile fast bei allen Analysen kleiner als 100, was daher rührt, dass in diese Zusammenstellung der vorgefundene Gehalt an Kochsalz, anderen durch das Wasser ausziehbaren Theilen, organischen Substanzen u. dgl., welche ich für bloss zufällige Beimengungen halte, so wie auch der Verlust nicht aufgenommen wurde.

---

*) Ich muss hier auf eine Analyse besonders aufmerksam machen, da dieselbe trotz ihrer augenscheinlichen Unrichtigkeit unbegreiflicher Weise die grösste und allgemeinste Verbreitung fand. Dieselbe wurde meines Wissens zuerst in Förster's allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1842 Seite 306, durch den k. k. Hafenbau-Ingenieur Herrn Balzano veröffentlicht, und gibt die Santorin-Erde als aus 60 Theilen Alaun-Erde, 20 Theilen Kiesel-Erde, 8 Theilen Kalk und 12 Theilen Eisenoxid bestehend an. Diese Analyse wird selbst in neuester Zeit noch sehr oft angeführt, z. B. in der Austria, Jahrgang 1851 Nr. 232, Ingenieur-Vereins-Zeitschrift, Jahrgang 1852 Seite 227, in einem Correspondenz-Artikel aus Athen in Form einer Berichtigung einer anderen Angabe, in der Triester Zeitung Nr. 112 vom 17. Mai 1856 u. a. O.

UND IHRE VERWENDUNG.

Reducirt man aber diese Analysen auf je 100 Theile, indem man annimmt, dass unter den in der Summe angegebenen Theilen gereinigter Santorin-Erde die oben angegebenen Quantitäten der einzelnen Bestandtheile enthalten sind, wobei das, beinahe in allen Analysen in gleicher Menge vorgefundene Wasser als Hydratwasser betrachtet, und daher als ein wesentlicher Bestandtheil mit in die Rechnung genommen werden dürfte, so werden diese Analysen noch weit übereinstimmender, und es ergibt sich als Mittel aus allen derart reducirten Analysen die folgende Zusammensetzung der von allen zufälligen Beimengungen gereinigten Santorin-Erde, welche der Wahrheit am nächsten liegen dürfte:

Kieselerde	67·35
Thonerde	13·25
Kali	4·32
Natron	4·02
Kalkerde	3·19
Eisenoxyde (sammt Titanoxyd)	4·91
Magnium- und Manganoxyd	1·53
Wasser	1.43

Dieselbe stimmt mit der ebenfalls reducirten Analyse des Herrn Margulies sehr genau und zunächst dieser mit jener des Herrn Neiser überein.

Die Analyse der Herren Margulies und Theil bieten überdiess noch den Vorzug, dass sie den durch Salzsäure löslichen Theil besonders analysirt angeben, und dadurch sehr interessante, und vielleicht noch sehr folgenreiche Schlüsse gestatten, wie ich im weiteren Verlaufe dieser Schrift zeigen werde.

Vergleicht man weiter diese Analysen mit jenen der übrigen Silicate, so findet man, dass die Santorin-Erde in ihrer chemischen Zusammensetzung die meiste Analogie mit dem glasigen Feldspathe, und diesem zunächst mit dem Obsidian, Bimssteine und gemeinen Feldspathe zeigt.

Vom Trass und der Puzzolane unterscheidet sie sich wesentlich durch den weit höheren Gehalt an Kieselsäure, und von ersterem noch ganz besonders dadurch, dass nur ein kleiner Theil der Santorin-Erde und hierunter keine Kieselerde in Salzsäure löslich ist. Es kann hieraus der Schluss gefolgert werden, dass in der Santorin-Erde entweder ein bedeutender Theil freier Kieselsäure enthalten ist, oder dass die Kieselsäure in ihren Verbindungen mit den übrigen Bestandtheilen vorwaltet, d. h. dass die Verbindungen saure kieselsaure Salze sind, während sie im Trass als neutrale oder basische kieselsaure Salze auftreten, die in Salzsäure löslich sind.

Nimmt man weiter an, dass die in Salzsäure löslichen Theile der Santorin-Erde, nämlich Thonerde, Kalk und Eisen früher an Kieselsäure gebunden waren, und saure Salze gebildet hatten, so kann daraus gefolgert werden, dass in dem zurückgebliebenen unlöslichen Theile diese Kieselsäure frei und ungebunden enthalten sein muss. Die mit Salzsäure

gewaschene Santorin-Erde müsste daher eine weit energischere Verbindung mit Kalk eingehen, und ein von mir im Kleinen durchgeführter Versuch bestätigte diess im vollsten Umfange. Leider hatte ich nicht Zeit die Versuche in grösserem Masstabe zu machen, spreche aber die Ueberzeugung aus, dass auf diesem Wege mit sehr wenig Unkosten ein Cement erhalten werden müsste, der in keiner Beziehung den bekanntesten Cementen nachsteht.

Eine fernere auffallende Analogie zeigen die Analysen der Santorin-Erde mit jenen der meisten Glasgattungen, und ein von mir veranlasster Versuch ergab auch, dass sich dieselbe sehr gut zu Glas schmelzen und zu dessen Erzeugung verwenden lasse. Das Product hat aber durch den Eisengehalt der Santorin-Erde eine, wenn auch schöne und angenehme, doch zur Benützung im Grossen unzulässige grüne Färbung. Aber auch hier geben die Analysen der Herren Margulies und Theil ein sehr einfaches billiges Mittel an die Hand, da durch Waschen mit Salzsäure der grösste Theil des Eisens entfernt wird.

Die angeführten Analysen der Santorin-Erde sind endlich in verschiedenen Zeiten und wie leicht zu denken, auch mit Erde aus sehr verschiedenen Puncten der Insel Santorin ausgeführt, und liefern daher durch ihre Uebereinstimmung den besten Beweis, dass die Bestandtheile der Santorin-Erde nur innerhalb sehr enger Grenzen von Zufälligkeiten abhängig und nach den Gewinnungsorten verschieden sein können.

Indessen genügt diese Kenntniss der chemischen Zusammensetzung der Santorin-Erde noch nicht, um deren Eigenschaft zu erklären, dass sie, mit Aetzkalk zusammengebracht, in kurzer Zeit eine feste Masse bildet, indem es eine bekannte Thatsache ist, dass z. B. der ganz analog zusammengesetzte Feldspath, oder ähnliches Glas selbst im pulverisirten Zustande diese Eigenschaft nicht, oder doch nur in sehr geringem Grade besitzt. Ja selbst die zu Glas geschmolzene und wieder pulverisirte Santorin-Erde verliert ihre Fähigkeit, mit Kalk eine schnell erhärtende Verbindung einzugehen.

Diese Eigenschaft muss daher in dem eigenthümlichen Molecularzustande der Santorin-Erde gesucht werden, indem sich sämmtliche kieselsauren Salze in einem solchen amorphen Zustande befinden, dass sie durch die Einwirkung des Aetzkalkes leicht zersetzt, und kieselsaurer Kalk gebildet werden kann, welcher Zustand sich auch bei dem Trass und der Puzzolane natürlich vorfindet, bei den künstlich erzeugten Cementen und hydraulischen Kalken aber durch das Brennen, das sogenannte Aufschliessen erreicht wird.

Höchst wahrscheinlich wird dabei die chemische Vereinigung der einzelnen kieselsauren Salze untereinander zu Verbindungen auf höheren Stufen der Zusammensetzung aufgehoben, oder doch derart gestört, dass sie jedes einzeln und ohne Veränderung ihrer entfernten Bestandtheile der Einwirkung des Aetzkalkes, sobald das hierzu erforderliche Wasser beigegeben wird, ausgesetzt sind.

Dieser amorphe Zustand scheint ebenso wie bei den künstlichen Cementen und hydraulischen Kalken durch das Brennen, bei der Santorin-Erde, der Puzzolane, dem Trass und

anderen natürlich vorfindigen Cementen durch vulkanische Hitze hervorgerufen zu sein, und wird durch Umschmelzen wieder aufgehoben, indem die einzelnen Salze Gelegenheit finden, wieder Doppelsalze und Salze auf noch höheren Stufen der Verbindung einzugehen.

In dieser Beziehung, nämlich in der Masse der in der Santorin-Erde enthaltenen aufgeschlossenen Theile, könnte aber unter den verschiedenen Gewinnungs-Puncten ein Unterschied bestehen, der aus den Analysen nicht ersichtlich ist, denn es unterliegt keinem Zweifel, dass sich weder der in der Santorin-Erde enthaltene Bimsstein noch Obsidian in diesem Zustande befinden. Ein grösseres oder kleineres Quantum desselben kann aber, wie die Analysen des Bimssteins und Obsidians zeigen, keinen wesentlichen Unterschied in der Analyse der Santorin-Erde, wohl aber in ihrem Verhalten als Cement begründen, und hierin mag die Erfahrung, dass nicht jede Santorin-Erde gleich brauchbar ist, ihre Bestätigung finden.

Die durch die Praxis als gut anerkannte Santorin-Erde kann man nämlich durch Schlämmen in 3 getrennte Massen abscheiden. Die erstere, etwa $\frac{1}{20}$ der Gesammt-Masse betragende, ist Bimsstein, der leichter als Wasser ist, und an der Oberfläche schwimmt.

Die zweite, sich in der Mitte absondernde, beträgt in der Regel etwas mehr als die Hälfte, und ist ein feines, lichtgraues Pulver mit Bimssteinstückchen gemengt, welche schwerer als Wasser sind, und die dritte ist ein scharfkantiger, grösstentheils schwarzer, mitunter auch roth, gelb und anders gefärbter Sand, der der Hauptsache nach aus Obsidian in seinen verschiedenen Formen besteht.

Der mittlere feine Theil scheint nach dem Obigen und auch nach den Versuchen der eigentlich aufgeschlossene Theil der Santorin-Erde, der Cement zu sein, während die beiden äusseren als sehr guter Quarzsand betrachtet werden können, der sich nur an der Oberfläche und in verhältnissmässig längerer Zeit erst mit dem Kalke verbindet.

Diese Ansicht findet man bei Betrachtung der Bruchfläche eines gut erhärteten Santorin-Mörtels auch vollkommen bestätiget. Derselbe nimmt in der Hauptmasse eine ziemlich dunkle, stahlgraue Farbe mit einem Stiche in das Grüne an, worin grössere Bimssteintheile in ihrer ursprünglichen Gestalt als seidenglänzende Flecken erscheinen, deren Ränder aber nicht mehr scharf sind, sondern je nach dem Alter des Santorin-Mörtels mehr oder weniger breit, auch die stahlgraue Farbe angenommen haben. Im zwei Jahre alten Mörtel fand ich Bimssteintheile bis zur Grösse einer Erbse bereits vollkommen durchdrungen. Ebenso sind die anderen Sandkörner derart gebunden, dass es nicht möglich ist, dieselben zu entdecken. Da sie nämlich ihrer bedeutenden Härte wegen nicht entzwei brechen, wie der Bimsstein, so könnte nur ihre Aussenfläche ersichtlich werden. Diese hat aber mit dem Kalke bereits eine so innige Verbindung eingegangen, dass sie der ganzen Masse homogen erscheint. Die Bruchflächen verändern aber, an der Luft gelegen, ihre Farbe sehr bald und werden, indem sie austrocknen, hellgrau.

Hierin liegt aber der Beweis, dass der Bimsstein und Obsidian-Sand, wenn sie auch als Cement keinen Werth haben, doch als Sand ausgezeichnet gute Dienste leisten, indem hierdurch der fortschreitenden Erhärtung des Santorin-Mörtels fast keine Schranken gesetzt sind, wie diess am sprechendsten aus den, am Schlusse dieses Abschnittes zusammengestellten Versuchen über die rückwirkende Festigkeit des Santorin-Mörtels hervorgeht.

Wie man aus dem Ganzen ersieht, besitzt die Santorin-Erde sehr werthvolle Eigenschaften, zu welchen noch die Leichtigkeit der Gewinnung und der billige Seetransport gerechnet werden muss, wodurch es möglich ist, damit namentlich Hafenbauten von grossem Umfange in kürzester Zeit und unverhältnissmässig billig herzustellen.

In der praktischen Anwendung hat aber die Santorin-Erde noch so manchen Vorzug vor den meisten Cementen, der sie eben zum Gussmauerwerke, namentlich für ausgedehnte Quai- und Molo-Mauern, so wie überhaupt für grosse Massen ganz besonders geeignet macht. Hierher gehört vor Allem, dass keine ängstliche Oekonomie erforderlich ist, d. h. dass man auf Kosten der Sicherheit die Oekonomie nicht bis zur äussersten Grenze zu treiben braucht, ein Umstand, der, wie ich später zeigen werde, sehr gewichtig in die Wagschale fällt. Weiter ist es ein grosser Vorzug der Santorin-Erde, dass das bei allen andern Cementen und hydraulischen Kalken absolut nöthige Eintragen des Betons mit grösster Vorsicht und mittelst eigener Apparate nicht nöthig ist, sondern der mehrere Tage alte Mörtel ohne Weiteres in den Kasten geworfen werden kann. Es ist diess nicht nur in Bezug auf den Arbeitslohn, sondern ganz besonders wesentlich in Bezug auf die Zeit ein unberechenbarer Vortheil für Bauten im Meere, da hier mit der Zeit die Gefahr eines Wellenschlages oder Sturmes gleichen Schritt hält.

Die Santorin-Erde wird im Allgemeinen mit gebranntem und gelöschtem Kalke (Aetzkalk) zu einem Mörtel angemacht, und entweder als solcher zum Mauerwerke aus Stein verwendet, oder wenn es sich um Mauerwerk unter Wasser handelt, der Mörtel gleichzeitig mit Steinstücken in eigens nach der Form der künftigen Mauer construirten Kästen eingeworfen.

Als Beton, d. h. im Vorhinein mit geschlägeltem Schotter vermengt, wurde der Santorin-Mörtel bisher nur über dem Wasserspiegel angewendet, und der Bau des Slip war das erste Object, wo diese Art der Verwendung auch unter dem Wasserspiegel und in grossen Massen zur Ausführung kam.

In jedem Falle handelt es sich vor Allem um das richtige Mischungs-Verhältniss des Mörtels, und in dieser Beziehung muss Folgendes bemerkt werden.

Vom chemischen Standpuncte aus betrachtet, tritt in der Santorin-Erde, wie schon bemerkt, die Kieselerde als Säure und alle übrigen Bestandtheile als Basen auf. Durch die Beimengung von Aetzkalk, der eine nähere Verwandtschaft zur Kieselsäure hat, als die meisten, wenn nicht alle, der übrigen Blasen, sollen nun diese ausgeschieden werden und der Kalk an ihre Stelle treten.

UND IHRE VERWENDUNG.

Dass diess aber auch wirklich geschieht, zeigt sich in der Praxis ganz offenbar, und namentlich an der Thonerde, indem sich auf jedem Santorin-Gussmauerwerke, welches längere Zeit unter vollkommen ruhigem Wasser steht, eine Lage reiner Thonerde ausscheidet, welche ohne Zweifel dieselbe schlüpfrige Masse ist, die auch bei anderen hydraulischen Cementen beobachtet und schon mehrfach besprochen wurde. Ebenso hatte ich auch Gelegenheit, diese ausgeschiedene Thonerde am Fusse der Santorin-Mauern in einer Tiefe von 20 bis 24 Fuss unter dem Meeresspiegel, wo das Wasser sehr selten stark bewegt ist, in bedeutenderen Quantitäten, jedoch durch die Vermengung mit dem Meeresgrunde grau gefärbt, anzutreffen.

Dieselbe Ausscheidung dürfte auch mit dem Aetzkali und Natron, so wie auch mit dem Eisen vor sich gehen, nur ist dieselbe nicht so augenfällig nachweisbar, da namentlich die beiden ersteren Oxyde sehr löslich sind, und daher im Meereswasser augenblicklich verschwinden, oder mit den Salzen desselben andere Verbindungen eingehen.

Hiernach sollte sich daher die Quantität des zuzusetzenden Aetzkalkes nach der Quantität der disponiblen Kieselsäure ergeben, und nimmt man daher an, dass alle Verbindungen, mit Ausnahme des in der Santorin-Erde schon enthaltenen kieselsauren Kalkes durch den Aetzkalk zersetzt und deren Kieselsäure sammt der, vielleicht noch vorhandenen freien Kieselsäure an den Kalk gebunden werden soll, so würden, da unter 100 Theilen Santorin-Erde im Mittel 67 Theile Kieselsäure enthalten sind, wovon beiläufig 6 Theile bereits an Kalk gebunden sind, noch 61 Theile Kieselsäure einer Verbindung mit Kalk erübrigen.

Nach den stöchiometrischen Zahlen und da sich ohne Zweifel die in Salzsäure lösliche saure kieselsaure Verbindung aus 2 Atomen Kieselsäure mit 1 Atom Calciumoxyd bildet, wären daher noch 27 ½ Theile Calciumoxyd erforderlich, um alle, in 100 Theilen Santorin-Erde enthaltene Kieselsäure an Kalk gebunden zu erhalten.

Da nun nach meinen Ausmittlungen in einem Kubikfusse gelöschten Kalkes, wie er mir zu Gebote stand, im Mittel 27 ¼ Pfund Calciumoxyd enthalten sind *) und in 4 Kubikfuss reiner Santorin-Erde im Mittel 100 Pfund aufgeschlossene, d. h. einer solchen chemischen Thätigkeit fähiger Theile enthalten sind, so würde sich auf diesem Wege für je 4 Kubikfuss Santorin-Erde ein Kubikfuss gelöschter Kalk ergeben.

Indessen darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass hiermit auch nur beiläufig die halbe Masse, nämlich der einer unmittelbaren Verbindung mit Kalk zugängliche Theil der Santorin-Erde gesättiget wäre, während der übrige Theil als ein sehr guter Quarz-Sand betrachtet werden muss, welcher mit ⅙ seines Volumens Kalk ebenfalls einen sehr guten, wenn auch langsamer erhärtenden Mörtel gibt.

---

*) Ein Triester Moggio gut gebrannter Kalk, reines Calciumoxyd, wiegt durchschnittlich 230 Pfund und gibt 8 bis 9 Kubikfuss gelöschten Kalk, daher enthält ein Kubikfuss gelöschter Kalk noch 25½ bis 29 Pfund Calciumoxyd.

DIE SANTORIN-ERDE

Da nun nach den obigen Annahmen unter 4 Kubikfuss Santorin-Erde circa 116 Pfund solchen Sandes oder etwa 2 Kubikfuss enthalten sind, so müsste das oben ausgemittelte Kalkquantum noch um $^2/_6$ Kubikfuss vermehrt werden, woraus sich auf 4 Kubikfuss Santorin-Erde $1^2/_6$ Kubikfuss gelöschter Kalk, oder auf 3 Kubikfuss Santorin-Erde 1 Kubikfuss Kalk ergibt.

Dieses Verhältniss wurde aber auch auf praktischem Wege ausgemittelt, und hat sich vollkommen bewährt.

In der praktischen Anwendung handelt es sich nämlich noch darum, dass jedes einzelne Santorin-Theilchen vom Kalke vollkommen umgeben, d. h. eingeschlossen sein, und kein hohler Raum unausgefüllt bleiben soll.

Ich suchte daher vor Allem das Mass der hohlen Räume, welche sich zwischen den Santorin-Theilchen befinden, zu ermitteln, indem ich ein bestimmtes Kubikmass Santorin-Erde so lange mit Wasser versetzte, als solches in die Masse aufgenommen wurde. Das Kubikmass des Wassers kann sodann durch directes Messen des zugesetzten Wassers oder auch durch die Zunahme des Gewichtes der Santorin-Erde ermittelt werden.

Das Mittel aus mehreren derartigen Versuchen ergab, dass ein Kubikfuss Santorin-Erde durch 0·43 Kubikfuss Wasser vollkommen gesättiget wird. Sollen daher alle hohlen Räume mit Kalk ausgefüllt werden, so würde sich ein Mischungs-Verhältniss von 1 Theil Santorin-Erde mit 0·43 Theilen gelöschten Kalkes ergeben, oder von beiläufig 7 Theilen Santorin-Erde mit 3 Theilen Kalk.

Diese verhältnissmässig grosse Masse hohler Räume und der damit verbundene, bedeutende Aufwand an Kalk, welcher, wie die chemische Analyse ergibt, nicht mehr dazu dienen kann, um die Kieselsäure zu binden, sondern zur blossen Ausfüllung der hohlen Räume verwendet würde, veranlassten mich zu dem weiteren Versuche, diese hohlen Räume mit feinem Wellsande auszufüllen, indem ich nämlich die Bemerkung machte, dass man der Santorin-Erde ein nicht unbedeutendes Quantum Sand wirklich zusetzen kann, ohne dessen Volumen zu vermehren.

Diese Versuche ergaben, dass man zu 6 Kubikfuss Santorin-Erde immer 1 Kubikfuss Wellsand mischen könne, und dass diese Mischung sodann wieder blos 6 Kubikfuss beträgt, dass daher der Sand in den hohlen Räumen der Santorin-Erde vollkommen verschwindet, und sodann diese 6 Kubikfuss mit Sand gemischter Santorin-Erde noch zwei Kubikfuss Wasser aufnehmen.

Dieses Verhältniss ergibt sich auch durch Rechnung als mit der Gesammt-Masse der hohlen Räume vollkommen übereinstimmend, da ein Kubikfuss Wellsand 0·578 Kubikfuss wirkliche Steinmasse, nach Abschlag seiner hohlen Räume, enthält.

Hieraus ergab sich daher für den Mörtel ein mit der Theorie vollkommen übereinstimmendes, und unter unzähligen versuchten Mischungsverhältnissen auch bereits seit längerer Zeit durch den Obersten von Körber in Fiume mit dem besten Erfolge angewendetes Mischungs-Verhältniss, nämlich von

6 Kubikfuss Santorin - Erde,
2 » gelöschten Kalk und
1 » Wellsand.

Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass dieses Mischungsverhältniss nach den oben gemachten Mittheilungen blos 6 Kubikfuss Mörtel ergeben kann. Ein sogenanntes Schwinden, d. h. dass daraus weniger Mörtel hervorgehe, als Santorin-Erde genommen wurde, wie es öfter behauptet wird, konnte ich, mindestens bei dieser Mischung, nie beobachten, wenn nur die Santorin - Erde nicht absichtlich ganz locker in die Mess-Gefässe eingeschüttet wird.

Ich glaube auf diese Ausmittlung des Mischungsverhältnisses um so mehr aufmerksam machen zu sollen, als mir von vielen Seiten die Frage gestellt wurde, wesshalb ich nicht lieber statt des Sandes um ebensoviel Santorin-Erde mehr zur Mischung nehme, ja von mancher Seite die Verwendung des Sandes sogar als geradezu fehlerhaft bezeichnet wurde. Und in der That wird selbst gegenwärtig noch sehr oft das Mischungsverhältniss von 7 Kubikfuss Santorin-Erde mit 2 Kubikfuss gelöschten Kalkes vertheidiget und angewendet.

Dasselbe muss aber nach der obigen Darstellung der Verhältnisse einerseits einen porösen Mörtel ergeben und kann anderseits wegen Mangel an Kalk nur eine unvollkommene Verbindung eingehen.

Allerdings geht ein Theil der Santorin-Erde bei dem Eintragen des Mörtels für Gussmauerwerk in Form von Bimssteinstückchen, die leichter als Wasser sind, und sich daher von dem Mörtel ablösen, verloren, allein einerseits ist der Gehalt an solchem Bimsstein an und für sich nicht bedeutend, und selbst hiervon wird nur ein kleiner, gegen die Gesammtmasse verschwindender Theil, der eben an die Oberfläche des Mörtels zu liegen kommt, wirklich losgelöst, anderseits ist ja auch dieser Theil der Santorin-Erde in meiner Rechnung ohnediess blos als Quarzsand mit einem sehr kleinen Theil von Kalk bedacht und endlich würde im ungünstigsten Falle ein kleiner Ueberschuss von Kalk, der als kohlensaurer Kalk auch erhärtet, nie schaden, dagegen ein Ueberschuss von Santorin-Erde offenbar ganz zweck- und nutzlos sein.

Endlich muss aber auch noch bemerkt werden, dass die Annahme der Bildung einer sauren kieselsauren Kalkverbindung auch noch nicht derart constatirt ist, dass sie ganz ausser Zweifel sei. Es wäre ja auch möglich, dass sich basische Salze bilden, oder dass die kieselsauren Salze mit dem gleichzeitig entstehenden kohlensauren Kalke Doppelsalze bilden, die die eigentliche Erhärtung bedingen u. dgl. Ja ich habe sogar guten Grund anzunehmen, dass der kieselsaure Kalk für sich allein als Salz nie einen bedeutenden Grad von Härte annimmt, und diese erst durch später entstehende Verbindungen des kieselsauren Kalkes zu Doppelsalzen entstehe. In allen diesen Fällen könnte aber schon das von mir ausgemittelte Mischungsverhältniss wegen Mangel an Kalk nicht mehr

genügen, um so weniger daher, wenn man die Masse des Kalkes gegenüber der Santorin-Erde noch vermindert.

Bedenkt man aber weiters noch, dass bei dem Einwerfen des Mörtels oder Betons immer auch ein kleiner Theil des Kalkes ausgewaschen wird, so wird man meine Ueberzeugung und das von mir festgehaltene Mischungsverhältniss gewiss sowohl in wissenschaftlicher als praktischer Beziehung gerechtfertiget finden. Dagegen bin ich aber auch weit entfernt behaupten zu wollen, dass es nicht noch andere, vielleicht sogar bessere Mischungsverhältnisse geben könne, und bemerke hier nur, dass man z. B. statt des Sandes auch das, durch ein feines Sieb gesonderte Pulver der Santorin-Erde verwenden könnte, in welchem Falle man aber in demselben Verhältnisse als dann mehr aufgeschlossene Theile, d. h. Cement in einem bestimmten Kubikmass Santorin-Erde enthalten sein wird, auch mehr Kalk nehmen muss.

Ferner habe ich selbst die Erfahrung gemacht, dass dort, wo der Mörtel frisch verwendet werden will, und er mit Wasser in Berührung kommt, ein bedeutender Ueberschuss an Kalk sogar unbedingt nöthig ist, wenn man nicht will, dass sich der Mörtel vollkommen auflöse.

Wenn auch der Kalk hier blos mechanisch durch seine Adhäsion wirkt, so liefert doch auch anderseits das sehr vollständige Erhärten dieses Mörtels den Beweis, dass zu viel Kalk in keinem Falle schaden kann.

Der bereitete Santorin-Mörtel soll, wie diess überhaupt bei allen hydraulischen Kalken und Cementen der Fall sein sollte, nie früher unter Wasser versenkt werden, als bis er einen gewissen Grad von Zusammenhang gewonnen hat, weil sonst die einzelnen Theilchen auseinander geschwemmt und locker werden. Diess tritt bei dem Santorin-Mörtel nach Verlauf von ungefähr 24 Stunden ein, der Mörtel verliert aber auch selbst nach 6 bis 8 Tagen seine Fähigkeit, in das Wasser eingeworfen, wieder eine zusammenhängende Masse zu bilden, nicht im Geringsten, eine Eigenschaft, welche bei umfassenden Hafenbauten nicht hoch genug angeschlagen werden kann, indem man nothgedrungen sehr grosse Massen vorbereitet halten muss, und nicht selten durch Witterungsverhältnisse, Wellenschlag u. dgl. in der Verwendung des Mörtels unterbrochen wird.

In der Regel lässt man den Mörtel durch 3 bis 4 Tage an der Luft liegen, und die Erhärtung erfolgt sodann, in den Kasten eingetragen, ganz gleichmässig. Nach Verlauf von etwa 3 Wochen kann man die Wände der Kästen in der Regel schon abnehmen, ohne eine Beschädigung des Mauerwerkes durch Wellenschlag befürchten zu müssen. Indessen dürfte es aber doch immer rathsam sein, dort, wo die Zeit nicht drängt, und namentlich bei hohen Mauern, damit längere Zeit zuzuwarten. Ueber die Festigkeit selbst geben die am Schlusse dieses Abschnittes beigefügten Tabellen über diessfällige Versuche die beste Auskunft.

UND IHRE VERWENDUNG.

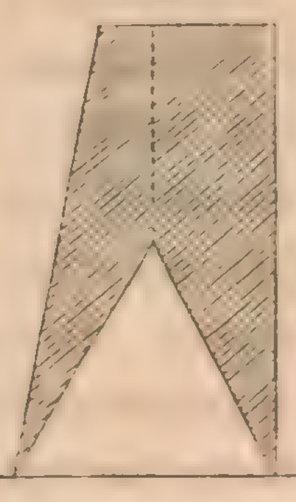
Wie bereits bemerkt, findet der Santorin-Mörtel seine vorzüglichste Anwendung für Gussmauerwerk, indem er nämlich gleichzeitig mit Steintrümmern in die vorbereiteten Kasten eingeworfen wird, oder indem er mit kleineren Steinen gemengt in Betonform eingetragen wird.

Es entsteht daher die nächste Frage, welches Steinquantum hierbei verwendet und in welchem Verhältnisse der Mörtel zugesetzt werden soll.

Für den ersten Anblick dürfte es erscheinen, als könne man in jedem Falle auf eine Kubikklafter Mauer eine Kubikklafter Steintrümmer oder Schotter verwenden, da es genügen sollte, wenn blos die hohlen Räume desselben mit Mörtel ausgefüllt sind. Diess wird aber vielleicht nie, oder doch nur bedingungsweise der Fall sein, denn denkt man sich den Formkasten mit solchen Steinstücken oder Schotter allein ausgefüllt, so wird nach Hinwegnahme der Wände der Schotter auseinander fallen.

Dieses Auseinanderrollen muss nun der Santorin-Mörtel offenbar verhindern, d. h. er muss die Steinstücke, die vermöge der Schwere ein Bestreben haben, hinabzufallen, zurückhalten, und hierin beruht die wesentlich verschiedene Thätigkeit des Mörtels bei Gussmauerwerk, gegenüber gewöhnlichem Mauerwerke, welches sich, für sich allein betrachtet, auch ganz ohne Mörtel erhält.

Figur 1.



Der derart zu haltende Theil ist in dem nebenstehenden Profile Fig. 1 durch Straffirung ersichtlich gemacht, und es geht schon aus dem blossen Anblicke dieser Figur hervor, dass die in Anspruch genommene bindende Kraft des Mörtels um so grösser sein muss, je schwerer der zu haltende Theil ist, und je höher die Mauer wird. Hierzu genügt es aber nicht, dass blos der Mörtel genügende Festigkeit erlange, sondern er muss auch entweder so fest an dem Steine haften, dass sich der Stein durch sein Gewicht nicht abreissen kann, oder er muss den Stein derart umfangen, dass er so zu sagen in einer Mörtelhülle eingeschlossen ist.

Bei richtigem Bewusstsein dieses Thatbestandes können nun wichtige Folgerungen sowohl über das zulässige Quantum von Stein-Materiale, als auch über so manche Erscheinung an Santorin-Mauern gezogen werden.

Für's Erste ergibt sich hieraus, dass es nicht gleichgiltig sein kann, welche Gattung Stein man verwendet, indem von einem Steine, der an seiner Oberfläche in kurzer Zeit eine Verbindung mit dem Mörtel eingeht, viel mehr genommen werden kann, als von einem solchen, der nur durch eine Mörtelhülle gehalten wird; für's Zweite wird durch die Vermehrung des Stein-Quantums auch das Gewicht des Mauerprisma's, welches ein Bestreben hat, abzustürzen, vermehrt; man muss daher bei Verwendung von mehr Stein ebenso, wie bei höheren Mauern, den Formkasten in demselben

Verhältnisse länger stehen lassen, als der Mörtel zur Erlangung der nöthigen Festigkeit mehr Zeit erfordert.

Drittens muss die schichtenweise Eintragung des Mörtels und der Steine offenbare Vortheile bieten, namentlich wenn darauf gesehen wird, dass nur wenig Steine an die Aussenflächen der Mauern geworfen werden, und es sich um kein wasserdichtes Mauerwerk handelt, da jede solche Mörtelschichte für die oben aufliegende Steinschichte, sobald sie nur genügend erhärtet ist, gewisser Massen eine neue Basis bildet.

Viertens erklärt sich hieraus die fast bei jedem Santorin-Mauerwerke vorkommende Auswaschung (wie man es nennt) der Aussenfläche, welche daher rührt, dass Steine, welche nahe an der Aussenfläche der Mauer liegen, sei es durch Wellenschlag, der die Wände der Kästen stossweise an das Mauerwerk drückt, oder wie immer, vor genügender Erhärtung des Mörtels herausfallen, und dass in späterer Zeit diese Auswaschungen keinen weitern Fortschritt nehmen, ja selbst mit bedeutender Kraftanstrengung kein Stein aus der ganz rauhen Aussenfläche gebrochen werden kann.

Dieser Fall tritt natürlich bei Beton-Mauerwerk, wo man die Lage der Steine gar nicht in seiner Macht hat, weit auffallender ein, als bei gesondertem Einwerfen des Mörtels und der Steine.

Fünftens ist es hieraus erklärlich, wie eine Santorin-Mauer, wenn die Formwände zu früh abgenommen, oder durch Stürme zerschlagen werden, in sich selbst zerfallen kann, und endlich

Sechstens, wie solche Mauern, wenn ihre Stabilität zu früh in Anspruch genommen wird, ganz eigenthümliche, bei andern solchen Mauern nicht vorkommende Erscheinungen bieten müssen. Hierher gehört namentlich der in dem vierten Abschnitte dieser Schrift näher besprochene Absturz der linkseitigen Slipmauer.

Ueber die eigentliche Grenze, bis zu welcher man mit Rücksicht auf die in Triest zu Gebote stehenden Steingattungen gehen kann, müssten natürlich Versuche im Grossen angestellt werden, auf welche ich mich aber, da die Möglichkeit der Ausführung eines weitern grossartigen Baues von dem guten Bestande der Santorin-Mauern abhing, nicht einlassen konnte. Zudem bietet die Verwendung des Santorin-Mörtels auch ohne einer noch weiter gehenden Oekonomie gegenüber allen andern Baumethoden so enorme ökonomische Vortheile, dass die Durchführung dahin abzielender Versuche im Grossen noch nicht Bedürfniss wurde. Ich beschränkte mich daher ganz auf das an anderen Orten bereits angewendete bewährte Verhältniss von beiläufig 152 Kubikfuss Steintrümmer auf eine Kubik-Klafter Gussmauerwerk.

In Betreff der Masse des Mörtels, welche in eine Kubikklafter verwendet werden muss, kommt Folgendes zu bemerken: Aus vielfachen Versuchen, die ich durchführte ergab sich, dass immer, ob die Steinstücke klein oder gross, wenn nur nicht gemengt sind, die hohlen Räume sehr nahe das halbe Kubikmass der ganzen Masse einnehmen. Ich fand

dieses Verhalten ebenso bei Wellsand als bei Schlägelschotter und bei Steintrümmern von der Grösse eines Kopfes sehr nahe bestätiget.

Es folgt daher hieraus, dass in 152 Kubikfuss Steintrümmer 76 Kubikfuss wirkliche Steinmasse enthalten ist.

Da nun eine Kubikklafter 216 Kubikfuss Rauminhalt hat, wovon 76 Kubikfuss durch den Stein ausgefüllt werden, so muss durch den Mörtel noch ein Raum von 140 Kubikfuss angefüllt werden, und es ergibt sich daher nach dem ausgemittelten Mischungs-Verhältnisse für den Mörtel folgendes Material-Erforderniss für eine Kubikklafter Gussmauerwerk: *)

152	Kubikfuss	Steintrümmer
140	»	Santorin-Erde
46⅔	»	gelöschten Kalk und
23⅓	»	Wellsand.

Das Gewicht eines Kubikfusses Santorin-Gussmauerwerks stellt sich, wenn man das Gewicht der einzelnen Materialien dabei in Rechnung nimmt, übereinstimmend mit der Erfahrung auf 112 bis 115 Pfund.

Unter denjenigen Rücksichten und Erscheinungen, welche allenfalls noch einer Erwähnung werth sein dürften, glaube ich noch folgende anführen zu sollen:

1. Die Santorin-Erde sollte in den Deponirungsplätzen immer möglichst vor Winden geschützt sein, da diese die feinen, eigentlich werthvollen Theile forttragen und den gröberen Sand und Bimsstein zurücklassen. Man hat daher nicht blos den Verlust des eigentlich fortgetragenen Theiles, sondern ausserdem einen seiner schnellen Verbindungsfähigkeit beraubten Rückstand.

2. Erreicht das Santorin-Gussmauerwerk die Höhe des Ebbe-Wasserspiegels, so legt sich bei jeder Ebbe der aus dem frischen Mörtel ausgewaschene schwimmende Bimsstein, wenn er sich aus dem über Fluth-Wasserhöhe reichenden Kasten nicht entfernen kann, auf die Oberfläche des fertigen Mauerwerks ab und bildet dort eine dünne Schichte, welche wegen Mangel an Kalk weder mit dem unteren noch darauf gesetzten Mauerwerke eine Verbindung eingehen kann. Solche Bimssteinschichten müssen daher, wenn man eine Verbindung der Mauerwerke für nöthig erachtet und namentlich wenn es sich um ein wasserdichtes Mauerwerk handelt, sorgfältig entfernt werden.

3. Eine weitere Erscheinung ist die bereits früher bemerkte Thonerde, welche sich aus dem Mauerwerke, wenn es längere Zeit unter ruhigem Wasser steht, abscheidet,

*) Die hier angeführte, gewiss ganz logische Entwicklung des Mischungsverhältnisses gibt auch ein leichtes Mittel an die Hand, für andere Fälle das Mischungsverhältniss zu bestimmen, oder erhaltene Angaben zu prüfen, und man wird auch auf diesem Wege sehr bald zu der Ueberzeugung gelangen, dass die in der Förster'schen allgemeinen Bauzeitung, Jahrgang 1848, angegebenen Mischungs-Verhältnisse, welche einer Relation des küstenländischen Gubernial-Baudepartement-Vorstandes entnommen sind, nie eine wirkliche Kubikklafter Mauerwerk geben könne.

und jene bekannte schlüpfrig anzufühlende Masse bildet, die fast bei jedem hydraulischen Mörtel beobachtet wird.

Diese Masse wirkt vorzüglich dadurch auf das Mauerwerk nachtheilig ein, weil sie später durch den Wellenschlag ausgewaschen wird, und so ganze Höhlungen in dem Mauerwerke erzeugt. Indessen habe ich nur an einzelnen Stellen dieselbe im Mauerwerke selbst angetroffen, und es kann deren Ansammlung leicht durch schnelles Anfüllen des ganzen Kastens verhindert, oder wenn es sich gebildet hat, dadurch beseitiget werden, dass man das Wasser in Bewegung bringt. Am besten aber durch den Schlauch einer Pumpe oder Feuerspritze, welche die sehr fein zertheilte Thonerde, indem der Schlauch hin und her bewegt wird, aufsaugt und entfernt.

Eine andere von uns beobachtete sehr interessante physikalische Erscheinung ist endlich die Bildung von Stalaktiten an dem Mauerwerke unter Wasser, welche senkrecht von unten nach aufwärts anwachsen. Dieselben bilden Anfangs ein feines Röhrchen mit einem inneren Durchmesser von etwa einer Linie und einer Wandstärke von nicht mehr als einer Papierdicke.

In dieser Weise sahen wir dieselben das erste Mal innerhalb 8 Tagen auf einer ausgemauerten Rostfläche, die wir unter Wasser setzen mussten, in sehr grossen Quantitäten entstanden und bis zu einer Höhe von 18 Zoll angewachsen.

Später nimmt die Wanddicke bedeutend zu und die Anfangs sehr gebrechliche zerreibliche Masse nimmt mehr Festigkeit an. Sie bilden ganze Gruppen, die den Aesten eines Baumes sehr ähnlich sehen. Da sie sich übrigens, selbst wenn sie unmittelbar aus dem Wasser genommen, sogleich untersucht werden, mithin aus der Luft noch keine Kohlensäure aufgenommen haben können, als kohlensaurer Kalk erweisen, und ihre Entstehung hauptsächlich nur an solchen Puncten beobachtet wurde, wo wir versuchsweise den Mörtel mit mehr Kalk versetzten, als die Santorin-Erde binden kann, so kann wohl über die Quelle des Stoffes und die chemische Thätigkeit der Kohlensäure kein Zweifel obwalten.

Sollte aber die Erscheinung selbst nicht geeignet sein, ein neues Licht auf die Bildung der Tropfsteine in Höhlen zu werfen, wenn man bemerkt, dass sie auch in bedeutenden Tiefen unter Wasser entstehen können, wo daher kein Verdunsten des Wassers, worin bisher der kohlensaure Kalk als aufgelöst angenommen wurde, möglich ist? und wenn man weiters berücksichtiget, dass an den Stellen der Bildung überhaupt kein Wasserzufluss beobachtet werden konnte, und diese Bildungen überhaupt damals am häufigsten entstanden, als der Wasserspiegel über dem Mauerwerke mit dem Meeresspiegel gleich hoch stand?

Sollte nicht vielleicht die auflösende Eigenschaft der in der ganzen Natur so thätigen und verbreiteten Kohlensäure auf Kalk die nächste Veranlassung der Bildung der Tropfsteine und das beobachtete Wasser blos eine Wirkung, vielleicht sogar Nebenproduct

dieser Thätigkeit sein? Und sollte diese Erscheinung keinen Fingerzeig zur Erklärung der so massenhaften Korallenbildung oder mindestens zur Beantwortung der Frage, woher die Thiere, denen die Korallenbildung zugeschrieben wird, den Stoff, nämlich den Kalk, beziehen?

Indessen mögen sich dieser Fragen Diejenigen bemächtigen, welche sich die Erforschung der Naturgesetze zum Lebenszwecke erkoren haben; ich glaube das Meinige damit gethan zu haben, dass ich deren Aufmerksamkeit auf diesen mir wichtig scheinenden Umstand lenkte, und mehrere der schönsten Exemplare dieser Stalaktiten dem Triester Naturhistorischen Museum übergab.

Zum Schlusse dieses Abschnittes glaube ich Denjenigen, welche die Santorin-Erde in der Folge noch zu verwenden beabsichtigen, und namentlich der Santorin-Erde selbst einen besonders wesentlichen Dienst dadurch zu erweisen, dass ich die Resultate mehrerer von mir durchgeführter Versuche über die rückwirkende Festigkeit des Santorin-Mörtels von verschiedenem Alter beifüge.

Es geht aus diesen Versuchen am besten hervor, was von dem so oft angerühmten ›zu Stein werden‹ zu halten sei, wenn man weiss, dass z. B. der Ziegel eine rückwirkende Festigkeit von 500 bis 800 Pfund, ein Sandstein 1200 bis 11000 Pfund und Kalkstein 1500 bis 11000 Pfund per Quadratzoll hat. Es geht aber auch daraus hervor, wo die Santorin-Erde dennoch mit sehr grossem Vortheile angewendet werden kann, und wie viel man ihr, je nach ihrem Alter, überhaupt aufbürden kann.

Wird man sich einmal innerhalb dieser Grenzen bewegen, und nichts Unbilliges fordern, so wird gewiss auch so manche Enttäuschung entfallen, und der wahre Werth der Santorin-Erde dabei nur gewinnen.

Besonders glaube ich noch auf die folgenden Puncte aufmerksam machen zu sollen, nämlich dass

1. der Santorin-Mörtel nach meinen früheren Auseinandersetzungen als ein Gemenge von gleichen Theilen Cement und Sand betrachtet, und daher auch dessen Verhalten gegenüber anderen Cementen nur unter gleichen Verhältnissen, nämlich ebenfalls mit gleichen Theilen Sand gemengt, verglichen werden muss. Thut man diess, so wird es wenig Cemente geben, die nach Verlauf mehrerer Jahre einen Vergleich mit der Santorin-Erde aushalten. Mindestens haben mich meine Versuche zu diesem Resultate geführt, wovon ich selbst den rühmlichst bekannten Portland-Cement nicht ausnehmen kann. Aber man muss dem Santorin-Mörtel die nöthige Zeit schenken, da er zwar langsam aber desto sicherer demselben Ziele zuschreitet.

2. Ist aus diesen Versuchen ersichtlich, dass die Erhärtung bis ungefähr zum neunten Monat rasch vorschreitet, dann aber bis nahe zum zweiten Jahre ein Stillstand eintritt, von wo die Erhärtung wieder ziemlich gleichmässig zunimmt, und mit dem dreizehnten Jahre bereits einen Grad erlangt, der mit einem weichen Sand- oder Kalksteine allenfalls einen Vergleich aushalten kann.

3. Sind die hier angeführten Versuche mit Mörtel aus bestehenden Mauerwerken durchgeführt, und zwar mit Würfeln, welche in der Regel 1½ Zoll zur Seite hatten.

Es konnte aber dabei nicht vermieden werden, dass einzelne Steinchen, die eben in dem Mörtel waren, über die Oberfläche des Würfels herausragten, oder das Auflager nicht vollkommen eben war.

Viele der gemachten Versuche mussten daher als gänzlich misslungen beseitiget, andere hier aufgenommene als zweifelhaft angesehen werden. Die beigesetzten Mittelwerthe dürften daher auch als Minimum der rückwirkenden Festigkeit zu betrachten sein.

UND IHRE VERWENDUNG.

Resultate

mehrerer Versuche über die rückwirkende Festigkeit des Santorin-Mörtels.

Nr. des Versuches	Mischungs-Verhältniss des Mörtels.	Alter		Zerdrückt bei Pfund per Quadratzoll	Mittelwerth in Pfund per Quadratzoll
		Jahre	Monate		
1	6 Theile Santorin-Erde, 2 Theile gelöschten Kalk und 1 Theil Sand	0	4	225	
2	"	0	4	200	
3	"	0	4	244	223
4	"	0	9	378	
5	"	0	9	400	
6	"	0	9	356	378
7	"	1	0	400	
8	"	1	0	356	
9	"	1	0	333	363
10	"	1	6	256	
11	"	1	6	311	
12	"	1	6	400	
13	"	1	6	322	
14	"	1	6	400	
15	"	1	6	471	360
16	"	1	9	422	
17	"	1	9	378	
18	"	1	9	333	
19	"	1	9	400	383
20	"	1	10	400	
21	"	1	10	400	
22	"	1	10	378	393
23	"	2	3	422	
24	"	2	3	467	
25	"	2	3	504	
26	"	2	3	773	542
27	"	4	0	688	
28	"	4	0	550	
29	"	4	0	768	675
30	7 Theile Santorin-Erde, 2 Theile Kalk	13	0	1025	
31	"	13	0	1250	1137

III.

Geschichte des Baues.

Erste Zeitperiode vom 1. Juni 1853 bis 9. Juni 1854.

Nach der bereits früher gegebenen allgemeinen Definition eines Slip erübrigt hier nur noch, einige nähere Details anzuführen. Dieselben können nämlich, wie leicht begreiflich, sehr verschieden construirt werden, und unterscheiden sich durch die Solidität der Ausführung des Unterbaues und die Grösse der Schiffe, für welche dieselben benützt werden sollen.

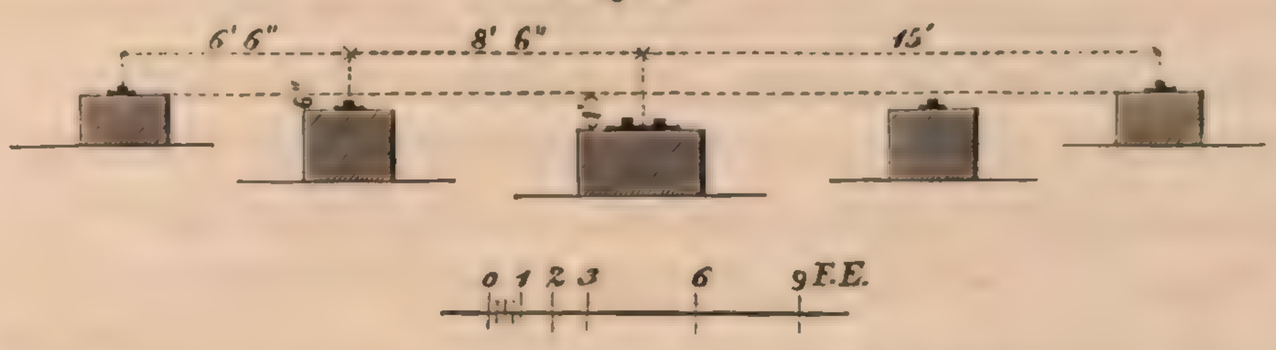
Für den Gebrauch der Dampfschiffahrts-Gesellschaft des österreichischen Lloyd war es daher eine, sowohl durch die Grösse der Dampfschiffe als überhaupt durch die Local-Verhältnisse gebotene Bedingung, wenn sie schon die Erbauung eines Slip beschliesst, denselben so vollkommen als nur immer möglich zu erhalten. In diesem Sinne wurde daher auch die Bestellung der Dampf- und Aufzugsmaschinen, so wie der übrigen Bestandtheile, worauf Herr Morton ein ausschliessliches Privilegium besitzt, gegeben, und es war sodann an Herrn Morton, diejenigen Daten anzugeben, welchen der Bau in Uebereinstimmung mit den Maschinen entsprechen muss. Herr Morton schickte daher auch die Detail-Pläne für die Fundamente der Maschinen und ein Längen- und Querprofil der Schienenbahn. Diese Letztere sollte ein Gefälle von 1 Fuss auf 18 Fuss Länge erhalten und im Ganzen 600 englische Fuss lang sein, wovon 150 Fuss über dem Fluthwasserspiegel und 450 Fuss unter demselben zu liegen kommen sollten. Der höchste Punct der Bahn kam daher $8\frac{1}{3}$ engl. Fuss über und der tiefste Punct 25 engl. Fuss unter der Fluthhöhe zu liegen.

Die Bahn selbst sollte Anfangs aus einer Mittel- und zwei Seitenschienen bestehen, wurde aber in Folge einer spätern Unterhandlung dahin abgeändert, dass eine Mittel- und vier Seitenschienen anzubringen sind, welche auf untermauerten Quaderscharen mit

ERSTE ZEITPERIODE.

Holznägeln befestiget werden, wie diess aus beistehendem Quer-Profile Figur 2, einer getreuen Copie der von Herrn Morton erhaltenen Angabe, ersichtlich ist.

Figur 2.



Der Umstand aber, dass die Local-Verhältnisse des Bauplatzes es zur Bedingung machten, selbst den, über dem Wasserspiegel zu liegen kommenden Theil der Bahn ebenfalls unter dem Meeresspiegel, d. h. ausserhalb dem natürlichen Meeresufer fundiren zu müssen, und daher der äusserste Theil des Baues um mehr als 600 Fuss in das offene Meer hinausragte, wo überdiess sodann noch aus Ursache der in Triest bestehenden Fluth- und Ebbe-Verhältnisse auf den nöthigen Raum zum Baue eines Schleussenthores Bedacht genommen werden musste; machte es mindestens sehr wünschenswerth, die Bahn selbst ohne Verlust der Tiefe, mithin der zulässigen grössten Tauchung eines Schiffes verkürzen zu können. Es wurde daher im Einvernehmen mit Herrn Morton beschlossen, der schiefen Ebene statt 1 auf 18 eine Neigung von 1 auf $16^2/_3$ zu geben, d. i. von 6 Fuss auf 100 Fuss Länge, und hierbei die, durch die Länge der Schiffe bedingte Länge der Bahn von 150 engl. Fuss über dem Fluth-Wasserspiegel beizubehalten, dagegen die durch die Tauchung der Schiffe und die Höhe des Wagens bedingte Länge der Bahn unter Fluthhöhe nur so weit fortzuführen, bis dieselbe die Tiefe von 25 engl. Fuss erreicht, wie diess bei einem Gefälle von 1 auf 18 als ausreichend befunden wurde.

Auf Wiener Mass reducirt, ergaben sich daher die folgenden Dimensionen:

1) Länge der Bahn über Fluthhöhe = 150 Fuss engl. = $144^2/_3$ Wiener-Fuss.
2) Grösste Höhe über Fluthhöhe = 9 . . . = $8^2/_3$ . .
3) Länge der Bahn unter Fluthhöhe = $416^2/_3$ . . = $401^3/_4$ . .
4) Grösste Tiefe unter Fluthhöhe = 25 . . = $24^1/_{10}$ . .

Diese Dimensionen wurden in der Ausführung auch als massgebend beibehalten, und nur weil es die Bauverhältnisse später gestatteten, wurde die Bahn unter Fluthhöhe noch um weitere 12 Wiener Fuss verlängert, so dass der tiefste Punct derselben $24^7/_{10}$ Wiener Fuss unter Fluthhöhe liegt, mithin an zulässiger Tauchung der Schiffe noch $^6/_{10}$ Fuss über die als genügend befundene Tiefe gewonnen wurden.

Im Ganzen trugen, wie man schon hieraus ersieht, alle von Herrn Morton erhaltenen Angaben den Charakter der englischen Localverhältnisse, nach welchen der Bau eine ganz untergeordnete Rolle spielt, und die Herstellung der Maschinen die Hauptsache ist. Von einer Begrenzung der Bahn an den Seiten, einem Schleussenthore und überhaupt von der

GESCHICHTE DES BAUES.

Art und Weise der Bauausführung, welche bei den Localverhältnissen Triest's nothwendig zur überwiegenden Hauptsache werden musste, war durchaus keine Rede.

Es konnte daher in dieser Beziehung auch von den in England gemachten Erfahrungen gar nichts und von den, bei den Docksbauten im mittelländischen Meere und in anderen, welche ebenfalls nur geringe Unterschiede zwischen Fluth und Ebbe haben, gesammelten Kenntnissen, theils wegen der verschiedenen Localverhältnisse, theils wegen des Baues selbst, der mit einem Trocken-Dock nur die Schwierigkeit der Trockenlegung während des Baues gemein hat, nur sehr wenig benützt werden.

Unter solchen Verhältnissen entstand daher das von mir vorgeschlagene, bereits im Allgemeinen angedeutete Bausystem, dessen nähere Details hier erörtert werden sollen.

Der Bauplatz ward in der Bucht von Muggia an der nördlichen Abdachung gewählt. Diese Bucht ist gegen Westen offen, und bietet gegen die meisten Winde vollständigen Schutz, mit Ausnahme des Südwestwindes (Libiccio), welcher jährlich drei- bis viermal sehr stürmisches Meer erzeugt. Die Längenachse des Slip kam nach dem Projecte in der Richtung nach Süden zu liegen, daher auch der ganze Bau an seiner rechten Seite diesen Stürmen sehr ausgesetzt war.

Die Terrains-Beschaffenheit ist aus dem Längenprofile Blatt 4 ersichtlich. Das Terrain bestand, vom Ufer weg gemessen bis zu einer Distanz von circa 50 Klafter, aus einer Schlammschichte, deren grösste Stärke 2 Fuss betrug, und sich gegen das Ufer zu ganz verlor. Unter derselben befindet sich fester, der Tasselloformation angehöriger Thonschiefer, welcher von sehr festen Sandsteinschichten (macigno) durchzogen ist und einen sehr guten Baugrund bildet. Von dort weg fällt der Meeresgrund fast ganz gleichmässig, während die Tasselloformation weit stärker abfällt, so dass in einer Distanz von 100 Klafter vom Meeresufer die Schlammschichte schon eine Mächtigkeit von 20 Fuss erreicht. Indessen ergaben die Untersuchungen, dass diese Schlammschichte nur bis zu einer Tiefe von etwa 2 Fuss aus wirklich weichem, aufgelöstem Schlamme bestehe, während unter demselben ein sehr feiner Sand gelagert ist, dessen hohle Räume vollkommen mit fester blauer Thonerde durchdrungen sind, und so eine compacte, sehr wasserdichte Masse bilden, welche beim Aushube selbst auf 5 bis 6 Fuss ganz senkrecht stehen bleibt. Zur vollsten Ueberzeugung wurden überdiess noch an verschiedenen Stellen Piloten eingeschlagen, welche stumpf abgeschnitten waren und ebenfalls herausstellten, dass der Meeresgrund in einer Tiefe von etwa 3 bis 4 Fuss schon mehr als die dreifache Sicherheit biete.

Ich erachtete es daher auch zur Herstellung der beiderseitigen Santorin-Mauern, welche die Molos zu bilden bestimmt waren, für vollkommen genügend, den Meeresgrund vom Ufer weg bis zu jener Stelle, wo der Schlamm eine Mächtigkeit von 4 Fuss erreicht, vollkommen zu reinigen, und von dort weg die Ausbaggerung blos circa 4 Fuss tief fortzusetzen.

ERSTE ZEITPERIODE.

Diese beiden Santorin-Mauern wurden in einer Entfernung von 80 Fuss im Lichten angelegt, um zwischen denselben den nöthigen Raum zur Erbauung der Seitenmauern eines Schleussenthores, welches nach den grössten Dimensionen der Schiffe des Lloyd 60 Wiener Fuss breit bleiben musste, zu behalten. Die Dimensionen dieser Mauern wurden unter der Voraussetzung ausgemittelt, dass sie, sobald das Wasser ausgepumpt ist, den ganzen Erddruck der Hinterfüllung auszuhalten haben, wobei das Gewicht eines Kubikfusses Santorin-Mauerwerks mit 112 Pfund, und das Gewicht des Anschüttungs-Materiales mit 85 Pfund in Rechnung gestellt wurde. Es ergab sich hieraus die Stärke der Santorin-Mauern, unter der Voraussetzung, dass sie innen senkrecht und aussen mit $^1/_6$ Böschung ausgeführt werden, an der tiefsten Stelle mit 8 Fuss Kronenbreite, welche in das Niveau des Fluth-Wasserspiegels zu liegen kam. Gegen das Ufer zu wurde diese Stärke der Mauern bis auf 6 Fuss Kronenbreite verlaufend, beantragt. Am äussersten Ende wurde sodann ein halbkreisförmiger Molokopf angebracht, an welchen sich an der Aussenseite wieder ganz gleiche Santorin-Mauern gegen das Ufer zu anschlossen, so dass durch Anfüllung mit Erde zwischen diesen beiden Mauern beiderseits ein Molo entstand, dessen Kronenbreite 4 Klafter betrug. Auf diese bis zum Fluth-Wasserspiegel aus Santorin-Gussmauerwerk beantragten Mauern kam sodann eine 5 Fuss hohe Aufmauerung aus schönen, lagerhaften Bruchsteinen mit Santorin-Mörtel gemauert, welche mit 12 Zoll dicken Deckplatten zu belegen und sodann die Molos zu pflastern beantragt wurden.

Die Köpfe dieser beiden Molos sollten sodann durch einen Fangdamm verbunden und so der ganze Bauplatz gegen das Aussenwasser abgeschlossen werden. Eine Dampfmaschine sollte das Wasser auspumpen und es so möglich machen, die Untermauerung der 5 Schienenstränge so wie das Schleussenthor, wofür aber noch kein definitives Project ausgearbeitet war, herzustellen.

Nach den bereits bemerkten Unterbrechungen des in den Voreinleitungen begonnenen Baues wurde derselbe nun im Monate Juni 1853 wieder mit aller Thätigkeit begonnen, wozu ich mir vor Allem ein, an der verhandelten Frage nicht betheiligtes, oder von der Ausführbarkeit des Projectes durchdrungenes Personale aussuchte, worunter ich hier nur den, bereits in dem Vorworte benannten Ingenieur Herrn Josef Prucha, welcher den ganzen Bau mit allen seinen Freuden und Leiden mit mir theilte, bezeichne.

Die erste Herstellung war jene der Santorinkästen, d. h. der Form, in welche das Gussmauerwerk gefüllt wird. Hierzu wurden zweierlei Constructionen angewendet, welche durch den Meeresgrund bedingt waren. In so weit nämlich das Einschlagen von Piloten und Pfosten zulässig war, wurden die Wände aus dreizölligen Bohlen construirt, welche 3 bis 10 Fuss tief in den Meeresgrund eingerammt wurden. Zu diesem Zwecke wurden zuerst in Entfernungen von 8 Fuss $^9/_{11}$zöllige Piloten einerseits senkrecht,

anderseits in der Richtung der Böschung eingeschlagen, sodann zwei Längenhölzer, die durch Querverbindungen 12 Fuss von einander entfernt gehalten waren, derart versenkt, dass eines dieser beiden Längenhölzer in das Niveau des Ebbe-Wasserspiegels, das zweite 12 Fuss unter demselben zu liegen kam, und das obere an die Piloten befestigt werden konnte. Diese Längenhölzer dienten sodann zur Führung der 3 zölligen Pfosten, während dieselben eingeschlagen wurden, und später, um dieselben gegen ein Krümmen und Ausbauchen bis zur Erhärtung des Bétons zu schützen.

Zur Herstellung der runden Wände der Moloköpfe, welche der schwierigen Construction des Kastens wegen senkrecht ausgeführt wurden, waren diese Längenhölzer nach Art der Lehrbögen angefertigt, im Uebrigen aber derselbe Vorgang beibehalten. Die Piloten, Längenhölzer, Bohlenwände und ein innerhalb angebrachter Längenpfosten wurden durch Schrauben, und die gegenüber stehenden Wände durch doppelte Zangenhölzer fest verbunden, wie diess und alles Uebrige aus der nebenstehenden Zeichnung Blatt 1 ersichtlich ist.

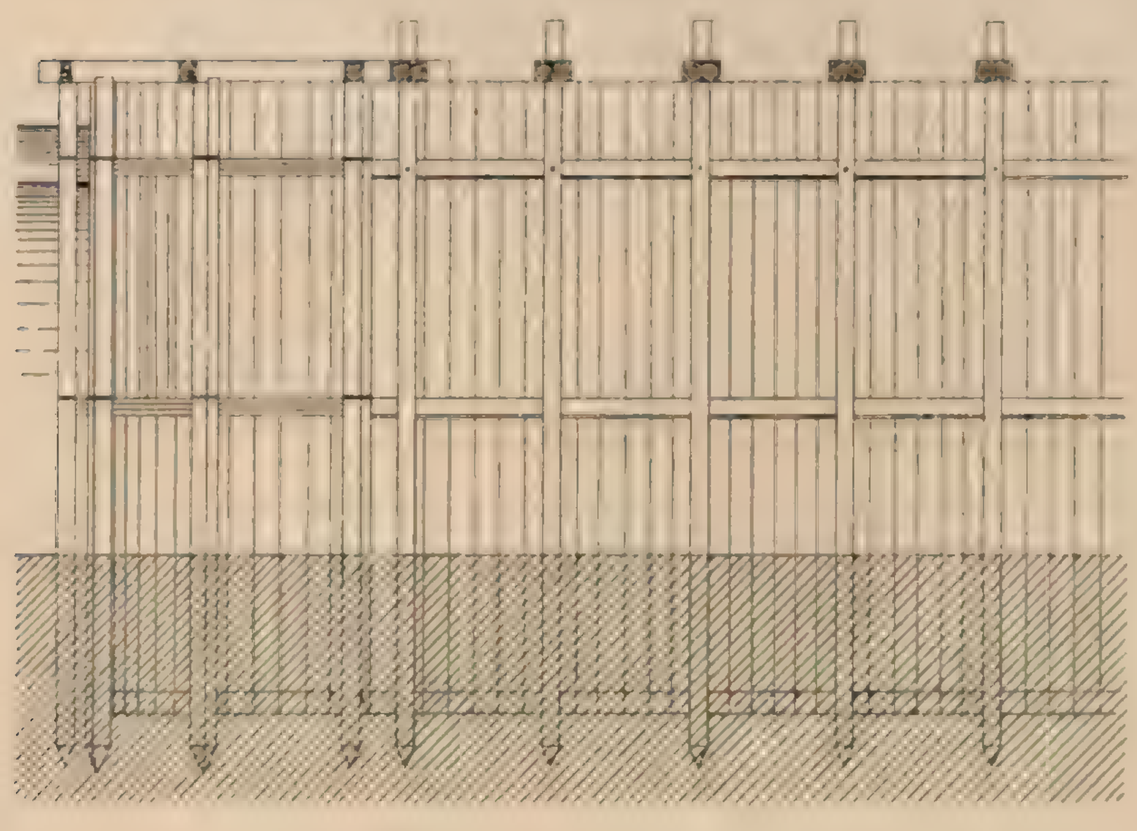
Diese Construction konnte auf die Länge der äussern 50 Klafter angewendet werden, während gegen das Ufer zu, wo der Meeresgrund kein Einschlagen von Piloten und Pfosten gestattete, eigene, am Lande construirte Kästen verwendet wurden. Diese wurden aus 4 ganz getrennten Pfostenwänden gebildet, deren zwei jede 6 Klafter lang und je nach der Wassertiefe hoch gemacht wurden. Die beiden anderen Stirnwände wurden derart verfertigt, dass sie bei einer Stellung mit $\frac{1}{3}$ Neigung eben das Mauerprofil begrenzten. Diese 4 Wände wurden nun derart, wie diess ebenfalls aus der beigeschlossenen Zeichnung Blatt 1 ersichtlich ist, zusammengestellt, und oberhalb durch 5 Schrauben, unterhalb durch 5 Ketten, deren Ende Stricke bildeten, verbunden. Diese, am Lande vollkommen fest verbundenen Kästen wurden nun ähnlich wie Schiffe vom Stapel gelassen und schwimmend an Ort und Stelle gebracht, wo sie mit Ballasteisen versenkt und auch unverzüglich mit Béton vollgefüllt wurden.

Solche Kästen wurden nun auf jeder Seite 4 in Distanzen von 5 Klafter angewendet, und sobald der Santorinbéton genügend erhärtet war, die Wände durch Lüften der Schrauben oberhalb und Durchschneiden der Stricke unterhalb von einander getrennt und abgenommen.

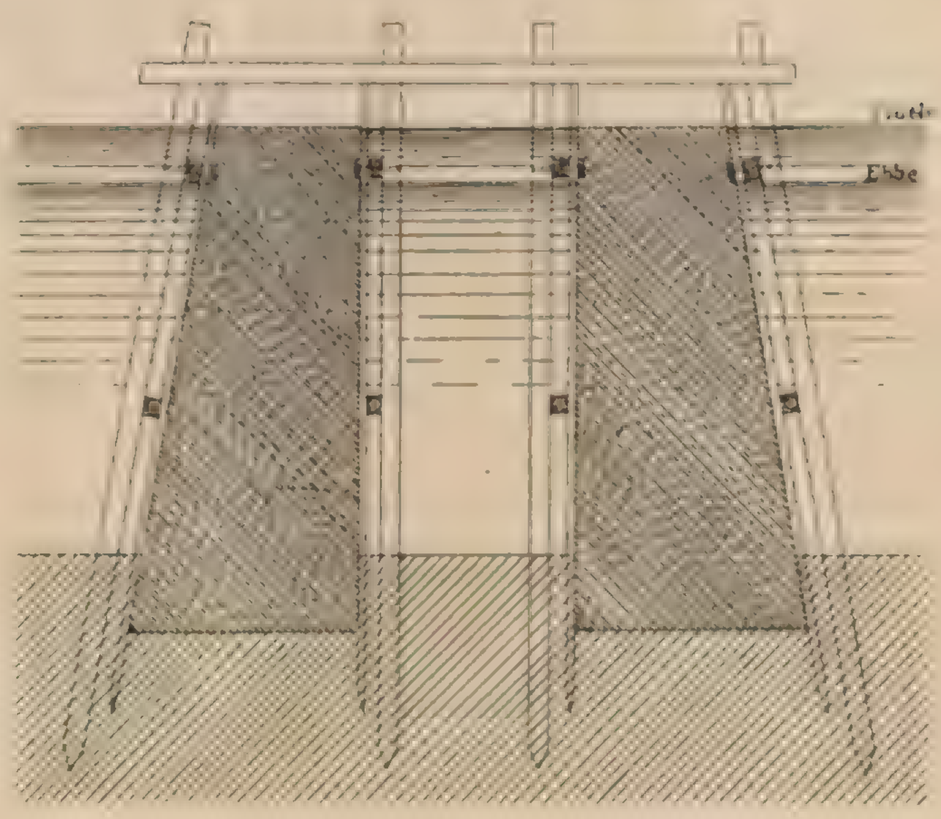
Dieselben Längenwände wurden sodann in den noch leeren Zwischenräumen an das beiderseitig hergestellte Santorin-Mauerwerk befestiget und unterhalb durch Ketten und Stricke verbunden, so dass auch diese Zwischenräume mit Béton ausgefüllt werden konnten. Die Arbeit selbst wurde mit dem rechtseitigen, am meisten den Stürmen exponirten Molokopfe begonnen, und am 8. Juli 1853 war der Formkasten für den runden Kopf und für ein 20 Klafter langes Stück der beiderseits sich anschliessenden Mauern, nachdem derselbe schon während der Herstellung durch Stürme zweimal stark beschädigt war, so weit beendet, dass das Einfüllen mit Santorin-Béton beginnen konnte.

CONSTRUCTION DER FORMKÄSTEN.

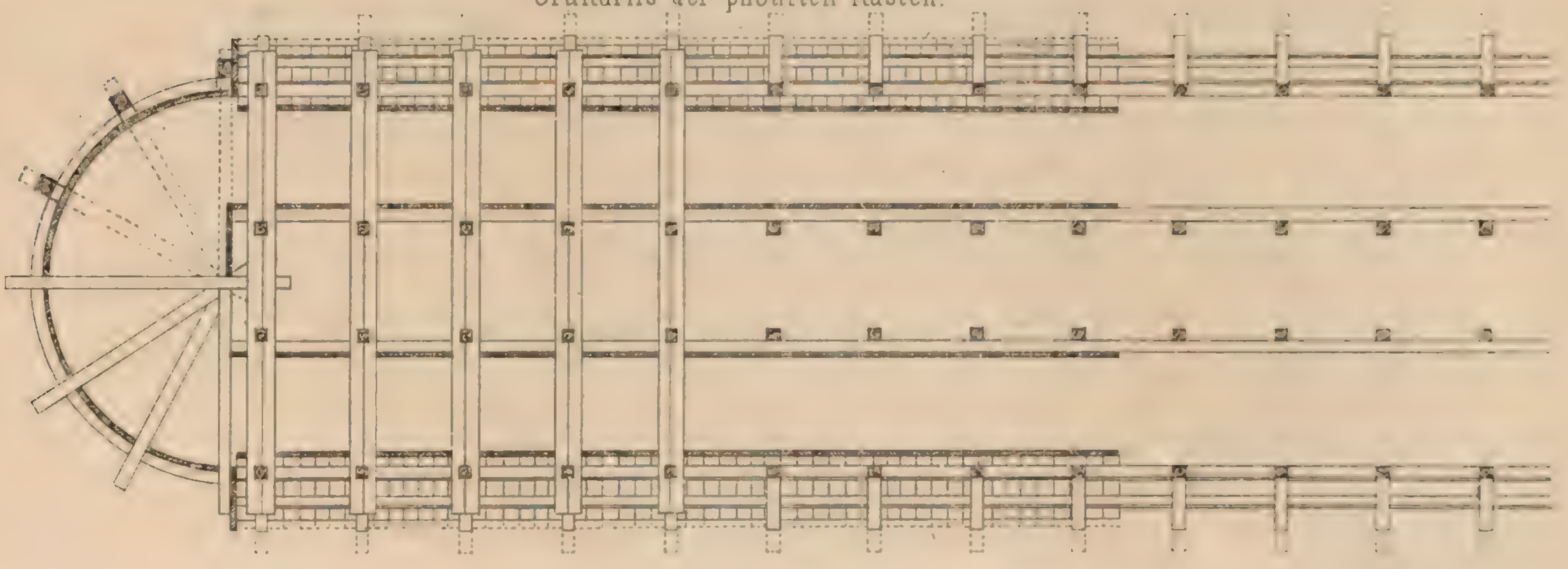
Längenansicht der pilotirten Kästen.



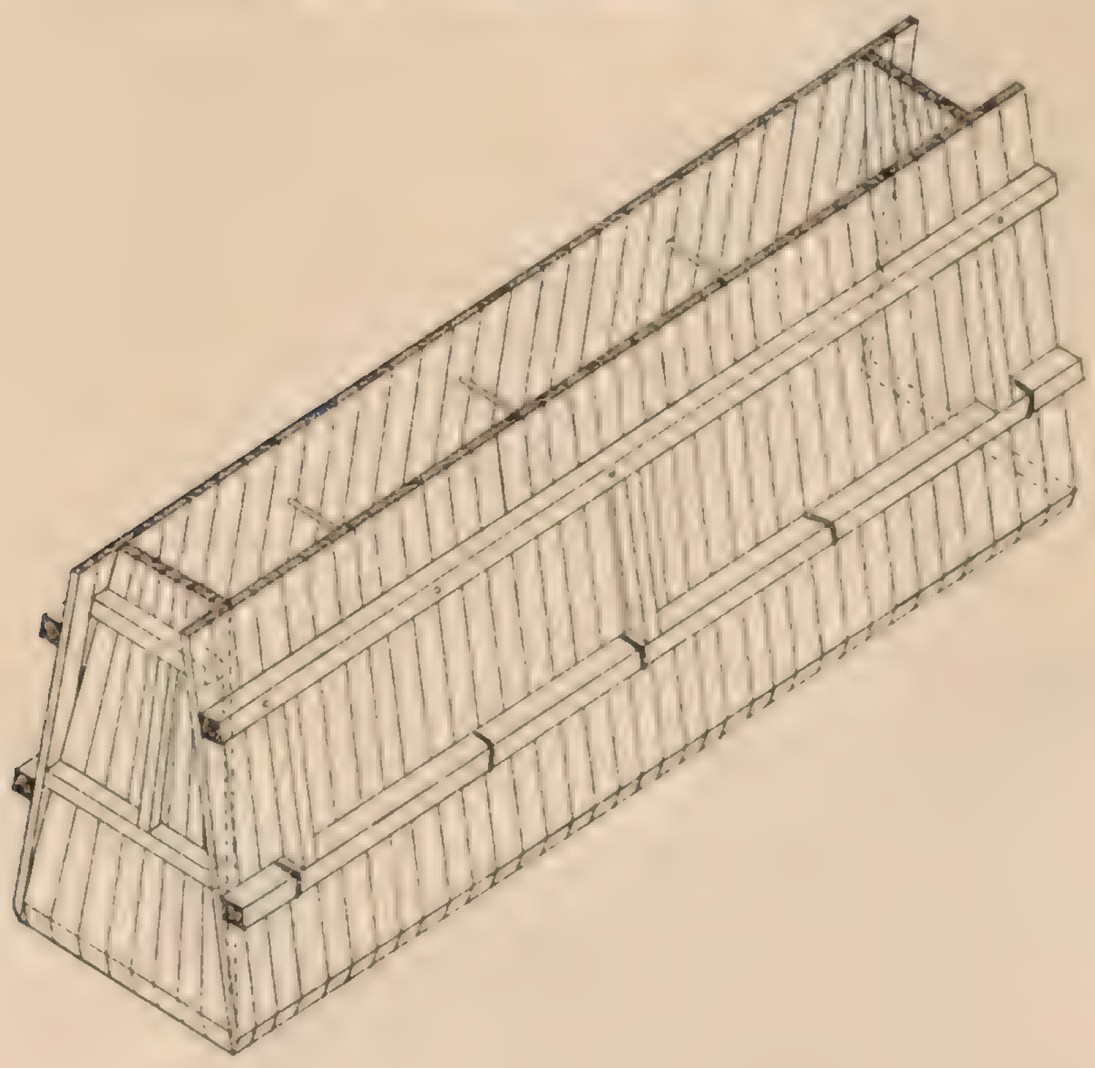
Querprofil der pilotirten Kästen.



Grundriſs der pilotirten Kästen.



Projection eines am Lande construirten Kastens.



Lit. & Druck

ERSTE ZEITPERIODE.

Hier muss noch eingeschaltet werden, dass ursprünglich beabsichtigt war, das Santorin-Mauerwerk in der bisher ausschliesslich üblichen Weise durch gleichzeitiges Eintragen des Steines und Mörtels herzustellen. Die immer neu aufgetauchten Zweifel über die Wasserdichtheit eines solchen Mauerwerks, welche mir selbst nicht ganz unbegründet erschienen, veranlassten mich, das Mauerwerk in der Form eines Bétons herzustellen, indem ich die nöthigen Steine zu Schlägelschotter verkleinern und im richtigen Verhältnisse am Lande mit dem Mörtel vermengen liess. Obwohl man mir von anderer Seite versicherte, dass sich der Santorin-Mörtel zu solchem Mauerwerke durchaus nicht eigne, so war mir doch kein Grund bekannt, der mir wichtig genug erschien, um seinetwegen mich der Gefahr eines nicht wasserdichten Mauerwerkes auszusetzen. Die Erfahrung bestätigte auch hierin meine Ansicht vollkommen, da ausser der stellenweise allerdings bedeutenden Auswaschung der äussern Fläche, die aber auch bei anderem Santorin-Gussmauerwerke sehr häufig vorkommt, das Mauerwerk ausgezeichnet gut wurde. Diese Auswaschung selbst ist aber eine sehr zu berücksichtigende Erscheinung, denn die Mauern wurden dadurch an mehreren Stellen beiderseits um 6 bis 9 Zoll, ja an einzelnen Puncten noch mehr geschwächt. Hat man sich daher bei der Bestimmung für die Stärke der Mauern den Grenzen der Stabilitätsgesetze schon nahe angeschlossen, wie es hier wirklich der Fall war, so muss die Stabilität der um 12 bis 18 Zoll geschwächten Mauer allerdings Bedenken erregen.

Nachdem, wie bereits bemerkt, ein bedeutender Theil des Formkastens für den rechtseitigen Molo beendet war, wurde zu gleicher Zeit die Bereitung des Santorin-Bétons begonnen, und der Kasten für den linkseitigen Molokopf hergestellt. Am 20. August 1853, mithin in 42 Tagen, war der ganze rechtseitige Molokopf sammt einem 20 Klafter langen Stücke der beiderseits anschliessenden Mauern mit einem Ausmasse von 436 Kubikklafter ausgefüllt.

Den 14. October waren endlich auch 30 Fuss der Kästen des linkseitigen Molos fertig, und den 17. October wurde die Bereitung des Bétons hierfür begonnen.

Obwohl nun auch an beiden Molos die Santorinkästen fortgesetzt und mit der Bétonbereitung fleissig fortgefahren wurde, so konnte doch nicht mit der gewünschten Schnelligkeit vorgegangen werden, denn fast die ganzen Monate November und December gingen theils wegen Regen, theils wegen Borastürme verloren. Zudem war der Bau durch öfteren Abgang der Eisenmaterialien und später auch selbst wegen Mangel an Santorin-Erde gänzlich unterbrochen. Der Unternehmer aber, welcher die Herstellung der Kästen und die Bereitung des Bétons zu besorgen hatte, hielt sich seiner Verbindlichkeit rücksichtlich der Zeit sowohl durch die gleich Anfangs erfolgte Einstellung der Arbeit, als auch, weil ihm die Materialien nicht rechtzeitig geliefert werden konnten, überhoben, und beanspruchte vor Allem eine billige Entschädigung für jene Mehrarbeiten, welche ihm durch die Bétonbereitung, namentlich das Schlägeln der Steine, erwachsen sind.

GESCHICHTE DES BAUES.

Der von mir an und für sich schon unter sehr misslichen Verhältnissen übernommene Bau gerieth dergestalt fast ganz in ein Stocken, und die Direction des österreichischen Lloyd, welche sich an und für sich schon durch den, in der Erwartung eines schnellen Auskunftmittels zur Reparatur der Schiffe begonnenen Slip-Bau sehr getäuscht fand, wurde durch eingelaufene Berichte über den Zustand ihrer Schiffe noch mehr beunruhigt. Die grösste Eile wurde mir von allen Seiten als ein absolutes Gebot der Nothwendigkeit, ja selbst als eine Pflicht der Humanität für die Reisenden und die Schiffsmannschaft, die in Gefahr schwebten, dargestellt, während mir einerseits durch die Witterung, anderseits durch nicht in meiner Macht gelegene Hemmnisse die Hände gebunden waren.

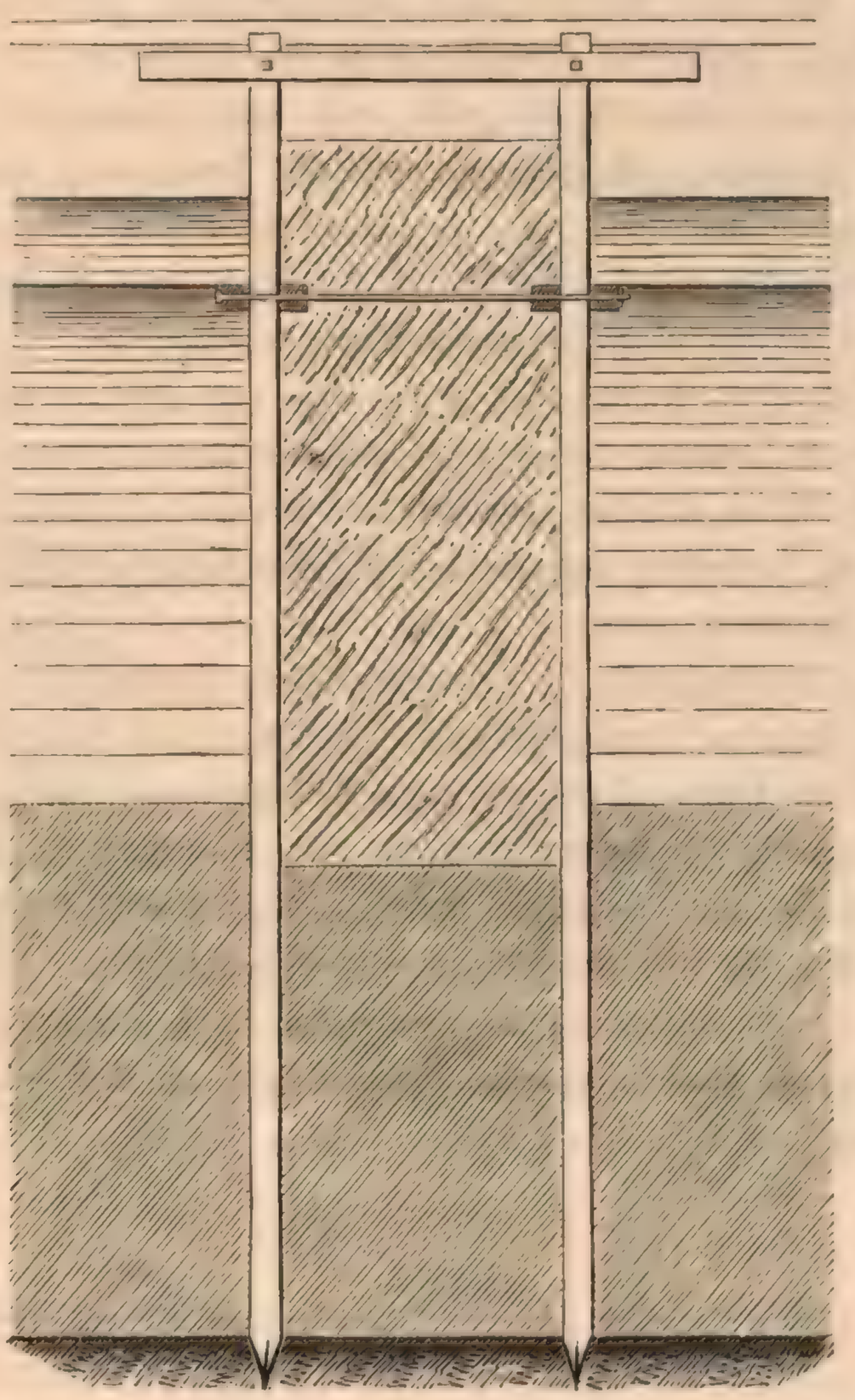
Mitte des Monats Jänner 1854 fand endlich ein neuerliches Uebereinkommen zwischen der Direction des österreichischen Lloyd und dem Unternehmer statt, laut welchem er eine billige Entschädigung für die Mehrarbeiten zugesagt erhielt, und da zu gleicher Zeit auch alle fehlenden Materialien beigestellt waren, und die Witterung sich wieder ausnehmend günstig gestaltete, so wurden die Arbeiten neuerdings mit solcher Thätigkeit betrieben, dass in den ersten Tagen des Monats April 1854 bereits die Anschlüsse der beiden innern Santorin-Mauern an das Ufer vollendet waren. Das Gesammt-Kubikmass der im Jahre 1853 vom Monat Juli bis Ende December, d. i. in 7 Monaten, einschliesslich der Zeit zur Anfertigung der Formkästen hergestellten Santorin-Mauern betrug 665½ Kubikklafter, und dasjenige vom 16. Jänner bis 9. April 1854, d. i. in circa 2½ Monaten, 380·2 Kubikklafter, daher im Ganzen 1045·7 Kubikklafter. — Bemerkt man, dass unter diesen 9½ Monaten, ausser den gewöhnlichen Sonn-, Feier- und Regentagen, mindestens 2 Monate wegen stürmischen Wetters nichts gearbeitet werden konnte, und dass namentlich Anfangs in 42 Tagen 436 Kubikklafter Mauerwerk hergestellt wurden, mithin nach Abschlag der Sonn- und Feiertage auf jeden Tag mehr als 12 Kubikklafter entfallen, so wird die Behauptung, dass man die gleichen Mauern auf trockenem Lande kaum schneller hätte herstellen können, gewiss nicht übertrieben erscheinen.

Indessen musste diese Eile nothwendig, wie diess bei solchen Gelegenheiten fast immer der Fall ist, auch auf Kosten so mancher, von mir im Vorhinein für nöthig befundenen Vorsicht geschehen. Namentlich unterblieb die zeitraubende und durchaus keinen sichtlichen Erfolg darlegende Ausbaggerung in den näher dem Lande liegenden Theilen der Mauern, ein Umstand, den ich im späteren Verlaufe des Baues nur zu oft bedauerte. — Noch vor Beendigung der Santorin-Mauern, und zwar am 15. März 1854, wurde an den fertigen Stellen mit der Aufmauerung über dem Wasserspiegel aus gewöhnlichen Bruchsteinen begonnen und dieses Mauerwerk in eigener Oekonomie, wie diess auch bei allen folgenden Herstellungen der Fall war, derart betrieben, dass es am 15. Mai ebenfalls ganz fertig war, so dass daher das zuletzt angefertigte Santorin-Mauerwerk noch kaum 5 Wochen alt war, als die Aufmauerung schon darauf stand.

ERSTE ZEITPERIODE.

Gleichzeitig mit diesen Arbeiten wurde endlich auch der äusserste Fangdamm Nr. 3 Blatt 4 hergestellt, dessen Pilotenwände am 20. April einzurammen begonnen und am 20. Mai beendet wurden. Derselbe bestand, wie aus nebenstehender Figur 3 ersichtlich ist, aus zwei, zwölf Fuss von einander entfernt stehenden Spundwänden aus $^{10}/_{12}$zölligen Hölzern, welche im Niveau der Ebbe durch Längenhölzer und durchgehende Schrauben, oberhalb durch Zangenhölzer von Klafter zu Klafter verbunden wurden.

Figur 3.



Hiermit war der Bauplatz bis auf die Ausfüllung des Fangdammes mit Lehm vollkommen abgeschlossen, und es erübrigte nur noch die äussere Anschüttung entlängst der linkseitigen Molomauer, um mittelst der bereits in Bereitschaft gestandenen, transportablen Dampfmaschine von Medwin und Hall in London hinausfahren und das Auspumpen beginnen zu können.

Es war diess nach meinen heutigen Erfahrungen über die Eigenschaften des Santorin-Gussmauerwerks der massgebendste Moment während der ganzen Bauzeit, denn ich habe die vollste, durch die später gewonnene Gelegenheit, sämmtliche Verhältnisse sehen und greifen zu können, zur Gewissheit gewordene Ueberzeugung, dass, hätte ich damals dem Santorin-Mauerwerke nur 3 Monate Zeit zur genügenden Erhärtung gelassen, der Bau vielleicht um ein volles Jahr früher fertig geworden wäre. Es wären sodann die meisten der im spätern Verlaufe des Baues nothwendig erachteten Hilfsbauten, als namentlich: die Abtheilungen durch Fangdämme mit der Zeit zu ihrer Herstellung und den durch sie hervorgerufenen Unterbrechungen entfallen, und man hätte den ganzen Bauplatz auf einmal mit mehr Arbeitern besetzen und so die Ausmauerung schneller herstellen können.

Aber an ein solches Abwarten und Ruhenlassen des Baues war damals nicht zu denken, denn dasselbe wäre im günstigsten Falle als eine nicht zu rechtfertigende Energielosigkeit um so mehr verurtheilt worden, als mir einerseits die sanguinisch übertrie-

benen Berichte Anderer, welche mit Santorin-Erde bereits gebaut hatten, entgegenstanden, anderseits auch thatsächlich das hergestellte Mauerwerk, soweit man es aussen beurtheilen konnte, vollkommen oder mindestens genügend erhärtet schien. Die bemerkte Anschüttung hinter der linkseitigen, zuletzt hergestellten, daher am wenigsten erhärteten Molomauer musste daher auch, obwohl ich meine Bedenken dagegen ganz offen aussprach, sogleich angefangen und fortgesetzt werden. Allein kaum war dieselbe bis in eine Entfernung von etwa 60 Klafter, vom Ufer weg gemessen, hergestellt, als sich auch sehr bedenkliche Bewegungen an der Mauer sichtbar machten. Obwohl wir nun die Fortsetzung der Anschüttung einstellten, so kam die Mauer doch nicht mehr in Ruhe, sondern es zeigte sich täglich der Fortschritt der Bewegung, bis dieselbe endlich in der Nacht vom 8. auf 9. Juni in einer Länge von 28 Klafter in den abgeschlossenen Raum hineinstürzte. So wenig dieses Ereigniss mit den Einwendungen, welche man gegen das von mir vorgeschlagene System gemacht hatte, in einem Zusammenhange stand, so erhoben sich hiermit doch alle und noch mehr Stimmen, als früher dagegen sprachen, und es wurde einstimmig als ein sprechender Beleg gegen meinen Vorschlag aufgegriffen; ja jeder Einzelne hatte es mir sogar vorausgesagt, dass es so kommen werde.

Vox populi, vox Dei. — Der Verwaltungsrath der Dampfschiffahrts-Gesellschaft, in seiner Eigenschaft als Verwalter eines fremden Vermögens, konnte die öffentliche Stimme nicht unbeachtet lassen, namentlich da die Herren Directoren keine Techniker sind, mithin über den Fragepunct auch nicht selbstständig entscheiden konnten. Die Direction fasste daher den einzigen und vernünftigsten Beschluss, welcher unter solchen Verhältnissen möglich war, nämlich sie stellte den Bau ein und ordnete neuerliche Berathungen mit Technikern an. — Gleichzeitig wurde ich beauftragt, meine Vorschläge über dasjenige, was ich bei der gegenwärtigen Sachlage zu machen gedenke, einzubringen, um dieselben mit in die Berathung ziehen zu können.

IV.

Geschichte des Baues.

Zweite Zeitperiode vom 9. Juni bis Ende December 1854.

Um vor Allem über die nächste Ursache des Einsturzes in das Klare zu kommen, und hierauf meine weiteren Anträge stellen zu können, liess ich die Erhebungen über den eigentlichen Zustand der eingestürzten Mauer vornehmen, wobei sich das Folgende herausstellte, was sich auch später, als der Raum ausgepumpt war, und man daher Alles genau ersehen konnte, als vollkommen richtig erwies.

In dem Profile C. D. Blatt 4 ist die Mauer nach ihrer ursprünglichen Ausführung durch punctirte Linien angedeutet, und die Lage derselben nach dem Einsturze, wie sie an der schlechtesten Stelle angetroffen wurde, eingezeichnet.

Das Santorin-Mauerwerk war nämlich der ganzen Länge nach mehr oder weniger in der Mitte gespalten, und die eine Hälfte desselben lag sammt der ganzen Aufmauerung aus Bruchstein am Meeresgrunde.

Die zweite Hälfte des Santorin-Mauerwerks stand dagegen der ganzen Länge nach und nur etwas mehr oder weniger geneigt, wohlerhalten an Ort und Stelle. Von dem Anschüttungsmateriale war nur ein kleines Prisma, dessen Höhe der Aufmauerung über dem Meeresspiegel entsprach, abgestürzt. Unter dem Meeresspiegel blieb das Anschüttungsmateriale hinter der Santorin-Mauer, mit Ausnahme einer kleinen Bewegung, die durch die entstandene Neigung des Santorin-Mauerwerks hervorgerufen wurde, vollkommen in Ruhe.

Nach diesem Thatbestande war es daher auch vollkommen klar, dass: *die Santorin-Mauer noch nicht genügend erhärtet war, um dem oberen Mauerwerke als Basis zu dienen.* Die Resultirende aus dem Erddrucke und dem Gewichte des oberen Mauerwerks, welche einer Entlastung des rückwärtigen Theils der Mauer und einer Vermehrung des Gewichts des vordern Theils gleich kam, veranlasste, dass der vordere Theil des Santorin-Mauerwerks abgedrückt wurde.

Da übrigens das Gewicht eines Current-Fusses oberen Mauerwerkes 2977 Pfund und die Resultirende aus diesem Gewichte und dem Erddrucke blos 3160 Pfund betrug, ferner die Richtung der Resultirenden in der Mauerbasis nur um 7 Zoll von jener des Schwerpunctes abweichen konnte, so bleibt noch immer das Ereigniss blos dann erklärlich, wenn man die, im zweiten Abschnitte über die Eigenschaften des Santorin-Guss-Mauerwerks bemerkten eigenthümlichen Verhältnisse berücksichtiget und die wirklich gute Herstellung des Bruchstein-Mauerwerks mit Santorin-Mörtel in Anschlag bringt, indem hierdurch die Annahme der Theorie, dass die vordere Kante einer Stützmauer zum Drehungspuncte wird, zur wirklichen Wahrheit erwuchs. In der That fanden wir auch das obere Mauerwerk grösstentheils unverletzt und im vollkommenen Verbande am Meeresgrunde liegen.

Da sich derart herausstellte, dass der wichtigste Theil des Baues, nämlich die Santorin-Mauer, unter dem Meeresspiegel mindestens zum grössten Theile stehen blieb, so beschränkte ich meine Vorschläge auf eine einfache Spundwand aus $^{9}/_{11}$zölligen Hölzern, welche 2 Fuss von der äussern Mauerflucht so beantragt wurde, wie diess aus Blatt 4. Grundriss und Profil C. D. ersichtlich ist; indem ich durch seinerzeitige Abspreitzung gegen die gegenüberstehende Mauer einestheils den Erddruck auf die geschwächte Mauer vermindern, anderntheils einer höchst wahrscheinlichen Undichtheit der an einer oder mehreren Stellen gebrochenen Mauer, was damals noch nicht mit Bestimmtheit zu ermitteln war, vorbauen konnte.

Für den unwahrscheinlichen Fall, dass diese einfache Spuntwand nicht genügen sollte, schlug ich vor, den ganzen auszupumpenden Raum in 2 oder 3 Theile zu theilen, und während in dem einen Theile der innere Ausbau vorgenommen wird, an der beschädigten Stelle eine zweite Spundwand zu schlagen, und im äussersten Nothfalle das Material zwischen beiden Wänden sodann auszubaggern und durch Lehmversatz aus diesen beiden Wänden einen wirklichen Fangdamm zu formiren.

Als weitere, nicht durch den Einsturz hervorgerufene, jedoch in jedem Falle durch Vorsicht gebotene Massregel, schlug ich vor, die beiden Moloköpfe sowohl, als die rechte Slipmauer, so weit dieselbe nur einfach hergestellt war, durch einen Steinwurf zu schützen, da diese Theile des Baues damals gänzlich allen Stürmen und Wellenschlägen ausgesetzt waren.

Gleichzeitig machte ich bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam, dass eine Verbindung der einzelnen Untermauerungen der Schienen absolut nothwendig ist, und dass auch dann noch der grosse Uebelstand bleibt, dass an denjenigen Stellen, wo diese Untermauerungen frei bleiben, der Meeresgrund unbedeckt liegt und ein Verschlämmen der Schienen sehr oft vorkommen muss. Da ferner ein Schleussenthor ebenfalls absolut nothwendig erschien, um zeitweilig die Schienen reinigen oder auswechseln zu können, so beantragte ich, den untern Theil des Slip vollkommen dockförmig derart auszumauern,

ZWEITE ZEITPERIODE.

wie diess aus der Zeichnung Blatt 5 ersichtlich ist, und so mit einer verhältnissmässig sehr kleinen Mehrauslage den untern Theil des Slip als Trockendock verwendbar zu machen.

Die nun eingeleiteten technischen Berathungen glaube ich füglich übergehen zu dürfen, da ihre Verhandlungen wenig Erbauliches zu Tage förderten; und da ich so glücklich war, die Direction von der Nutzlosigkeit der hier entstandenen Vorschläge zu überzeugen, so erhielt ich schon am 21. Juli 1854 wieder die Bewilligung, mit der Herstellung der von mir beantragten Spundwand beginnen zu können, jedoch noch mit dem Vorbehalte, über die weitere Bauführung selbst den definitiven Beschluss erst dann mitgetheilt zu erhalten, bis die Direction noch den Auspruch des k. k. Sectionsraths Herrn Dr. Pasetti, der eben von einer Dienstesreise zurückkehrend, in Triest erwartet wurde, einvernommen haben wird.

In der That hatte auch der Herr Sectionsrath die Güte, den Bauplatz am 1. August 1854 zu besuchen, und nachdem ich ihm den Thatbestand vorgelegt, und meine weiteren Pläne mitgetheilt hatte, sich mit meinen Ansichten vollkommen einverstanden zu erklären. Es war mir der Ausspruch dieses, in Wasserbauten so sehr erfahrenen Herrn um so werthvoller, da er gewiss ganz unparteiisch urtheilte, und mich gar nicht, ich ihn aber nur den Namen nach kannte.

Dieser Besuch hatte auch die unmittelbare Wirkung, dass ich schon den folgenden Tag, den 2. August 1854, den definitiven Auftrag erhielt, den Bau wieder mit aller Energie nach den von mir gemachten Vorschlägen fortzuführen. Nur sprach die Direction den Wunsch aus, dass ich, um keine Zeit mit Experimente zu verlieren, den innern Raum sogleich durch Fangdämme in 2 oder 3 Theile abtheilen solle, und die bei Gelegenheit der frühern Berathungen angeregten und sehr warm anempfohlenen Eisenschliessen zur Verbindung der beiden Mauern eines jeden Molos, in so weit sie doppelt hergestellt waren, als mindestens unschädlich anbringen möge.

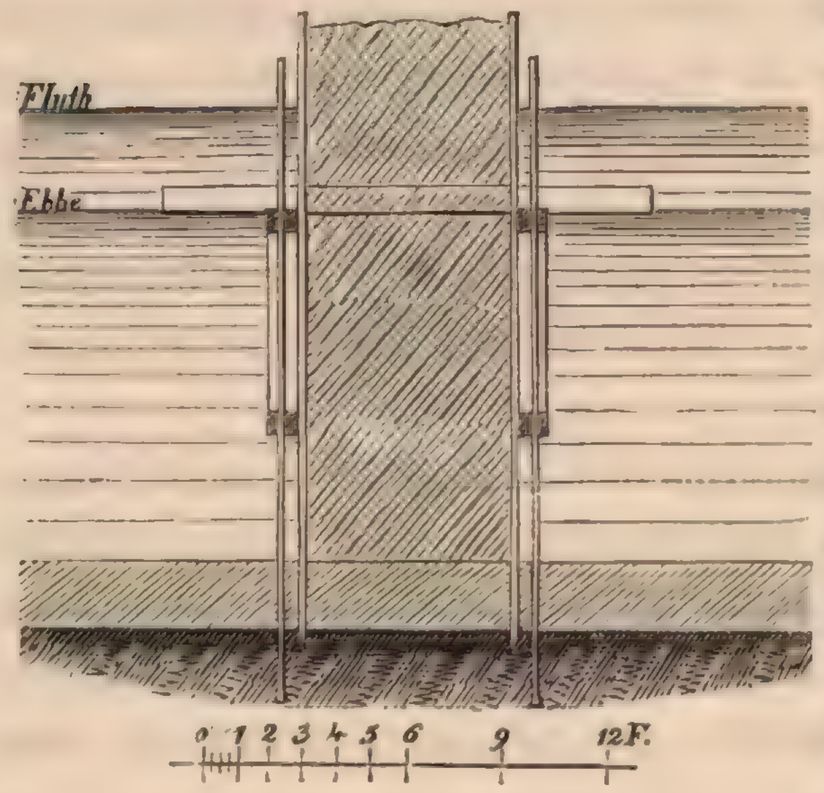
Diese beiden Modificationen wurden daher auch unverzüglich in Anwendung gebracht, und wenn ich die erstere als vielleicht vortheilhafter bezeichne, als das unmittelbare Ausschöpfen des ganzen Raumes, wofür die disponible Pumpe und Dampfmaschine bei der gegenwärtigen Sachlage jedenfalls nur schwer ausgereicht und das wiederholte Ausschöpfen immer viel Zeit in Anspruch genommen hätte; so muss ich dagegen, durch die Erfahrung belehrt, die angewendeten Schliessen als ganz überflüssig erklären. Der ganze innere Raum wurde daher vor Allem durch den auf Blatt 4 mit Nro. 1 bezeichneten Fangdamm, der 52 Klafter entfernt vom Ufer zu stehen kam, in 2 nahe gleich grosse Theile getheilt.

Da aber an der Stelle, wo dieser Fangdamm zu stehen kam, unter der kaum 2 Fuss hohen Schlammschichte felsiger Grund liegt, so dass an ein Einschlagen von Piloten nicht zu denken war, so brachte ich hierfür eine von mir bereits bei dem Baue der schiefen

GESCHICHTE DES BAUES.

Brücke über die Sann in Steinbrück mit sehr gutem Erfolge unter gleichen Verhältnissen benützte Construction in Anwendung. Dieselbe, wie aus der nebenstehenden Zeichnung Figur 4 ersichtlich ist, besteht aus 2 Reihen eiserner Stangen, welche 24 bis 27 Zoll tief in den festen Grund eingebohrt wurden. Diese beiden Reihen waren 7 Fuss und in jeder derselben die einzelnen Stangen 5 Fuss 8 Zoll von einander entfernt. Im Ganzen waren 28 solcher Stangen aus Rundeisen von 2¼ Zoll Durchmesser und 18 Fuss Länge erforderlich. Auf jede dieser Stangenreihen kamen 2 mit entsprechend gebohrten Löchern versehene Längenhölzer, die durch 7 Fuss hohe Ständer auseinander gehalten und derart versenkt wurden, dass das oberste in das Niveau des Ebbe-Wasserspiegels zu liegen kam. An der Innenseite wurden sodann die Fangdammwände durch Einschlagen und Befestigen von 3zölligen Bohlen hergestellt, und je zwei gegenüberstehende Eisenstangen durch ein aufgestecktes Zangenholz verbunden.

Figur 4.



Am 25. August waren nun diese beiden Wände so weit fertig, dass mit der Lehm-Einfüllung begonnen werden konnte.

Zu gleicher Zeit wurde der rechtseitigen Molomauer entlängst und vor den Moloköpfen der beantragte Steinwurf bis zur Fluthhöhe ausgeführt, und zwar der erstere in Form eines Steindammes, dessen Fuss von dem der Mauer eine Klafter entfernt lag. Der Raum zwischen der Mauer und dem Steinwurfe wurde sodann mit Lehmerde ausgefüllt, eine Vorsicht, die uns später sehr zu Statten kam.

Gleichzeitig mit der Ausfüllung des Fangdammes wurde auch entlängst der linkseitigen Mauer ein Dépot von Bausteinen gemacht, welche später für den innern Ausbau verwendet wurden, und einstweilen als Schutz der Mauer gegen den Erddruck des aussen angrenzenden, bereits ausgefüllten Platzes dienen konnten.

Schon während der Einfüllung des Lehmes in den Fangdamm zeigte derselbe eine merkliche Krümmung in der, der Uferseite entgegengesetzten Richtung. Da jedoch diese Krümmung der Richtung des künftigen Wasserdruckes nur zu Gute kommen konnte, so beschränkten wir unsere Massregeln auf einen Steinwurf aussen am Fusse des Fangdammes, worauf derselbe ohne weitere Erscheinung ganz beendet wurde.

Um nun die Wasserdichtheit des abgeschlossenen Raumes mit Hilfe der Fluth- und Ebbe-Wasserstände prüfen zu können, hatten wir in dem Santorin-Mauerwerke der recht-

ZWEITE ZEITPERIODE.

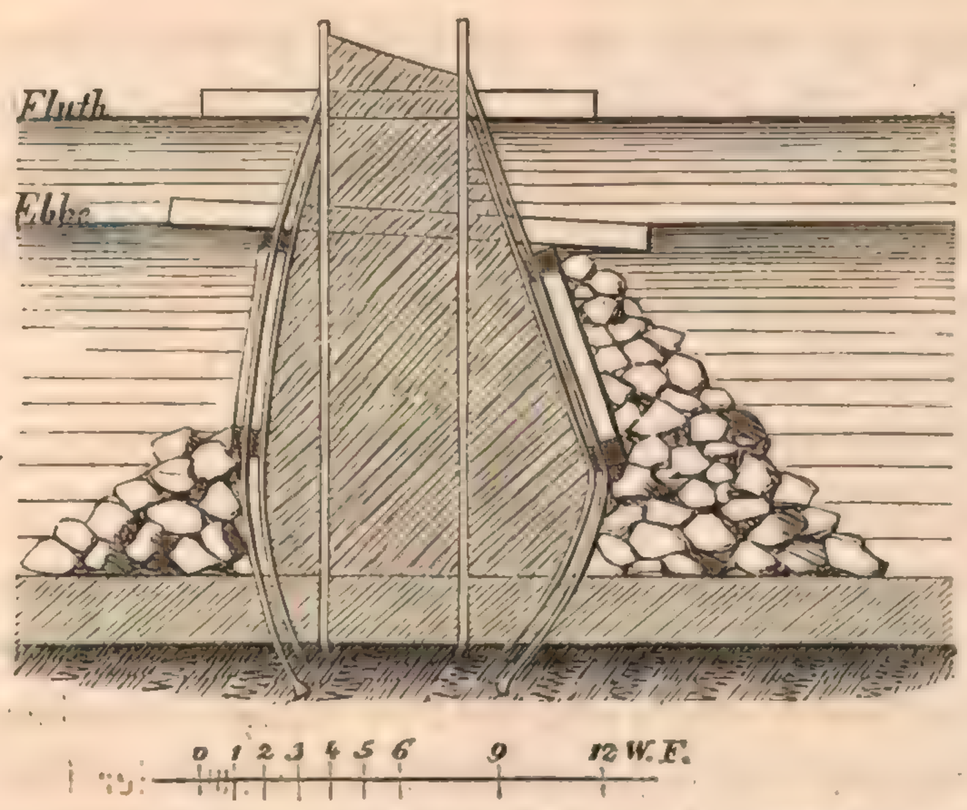
seitigen Molomauer bei *a*, Grundriss, Blatt 1 etwas unter dem Niveau der gewöhnlichen Ebbe eine kleine Schütze mit 9 Quadratfuss Fläche eingemauert, so dass sich bei der geöffneten Schütze der innere Wasserspiegel mit dem äussern immer in gleiches Niveau stellen konnte. War daher der abgeschlossene Theil wasserdicht, so musste der Wasserspiegel desselben bei geschlossener Schütze constant bleiben. Wir machten daher diese Probe, indem wir die Schütze zur Zeit der Ebbe abschlossen, und das Verhältniss des innern Wasserspiegels in der Zeit, wo sich der äussere bis zu der 3 Fuss höheren Fluthhöhe erhob, beobachteten, wodurch wir die Ueberzeugung gewannen, dass die vorhandenen Zuflüsse nur sehr unbedeutend sein können.

Am 29. August 1854 Abends wurde nun der erste Versuch mittelst der zunächst des Fangdammes bereits vorgerichteten, auf Blatt 4 im Grundrisse angedeuteten Dampfpumpe begonnen, musste jedoch den folgenden Tag Früh, nachdem der Wasserspiegel bis auf 4 Fuss unter Ebbe gesenkt war, wieder eingestellt werden, indem sich zeigte, dass sich die innere Wand bedeutend schief gegen die Aussenwand zu stellen, das Holzwerk des Fangdammes zu krachen anfing und das Wasser an mehreren Stellen durch den Fangdamm eindrang.

Um daher einer jeden weitern Beschädigung des Fangdammes vorzubeugen, wurde die Schütze geöffnet und der Raum wieder angefüllt, womit auch jede Bewegung im Fangdamme aufhörte und Ruhe eintrat.

Die bedeutend schiefe Stellung der innern Wand, namentlich in der Mitte, in so weit dieselbe untersucht werden konnte, brachte uns auf die Vermuthung, dass die Eisenstangen, welche in den geschichteten festen Grund eingebohrt waren, durch den bedeutenden Lehm- und Wasserdruck diese Schichten ausgesprengt hätten, und dadurch die Fangdammwand die Befestigung des Fusses verloren hätte. Indessen zeigte sich später diese Vermuthung, als der Bau so weit vorgeschritten war, dass der Fangdamm demolirt werden konnte, als irrig. Die Stangen und Wände waren weder ausgerissen noch gebrochen, sondern durch den Lehmdruck in einem Drittheile der Höhe von unten nach beiden Seiten ausgebaucht. An der Innenseite war diese Ausbauchung ohne Zweifel in Folge des verminderten Wasserdruckes während der Senkung des Wasserspiegels bedeutend grösser als an der Aussenseite, wie diess aus beistehendem Profile Fig. 5 ersichtlich ist. — Einige Pfosten der Wände waren gesprungen, aber keiner gebrochen und

Fig. 5.



die Eisenstangen blos gebogen. Das Profil ist an der Stelle aufgenommen, wo die stärkste Biegung stattfand.

Da sich die Wirkung nach beiden Seiten hin erstreckte, so ist ausser Zweifel, dass der Lehmdruck noch um so viel grösser, als der Wasserdruck war, dass die Differenz dieser beiden Kräfte genügte, um die Eisenstangen und Pfostenwände so zu biegen; eine Erscheinung, die ich im weitern Verlaufe des Baues noch mehrmals zu beobachten Gelegenheit fand, und die um so auffallender ist, wenn man diese beiden Kräfte zu berechnen versucht; denn es ergibt sich dann, dass, selbst wenn man den Lehmdruck mit einem natürlichen Böschungswinkel von Null berechnet, d. h. den Lehm als eine Flüssigkeit mit dem Gewichte des Lehms in Rechnung bringt, was bekanntlich dem grössten Drucke entspricht, den eine Materie durch ihr Gewicht auf eine verticale Fläche ausüben kann, die Differenz der Kräfte noch nicht genügt, um diese Wirkung zu erklären.

In der That ist diese Erscheinung nur dann erklärlich, wenn man einen chemischen Prozess in der Lehmmasse selbst voraussetzt, welcher eine Volumsvermehrung bedingt. Ein solcher könnte z. B. durch das Vorhandensein organischer Substanzen entstehen, welche durch die Auflockerung der Lehmmasse und vielleicht durch die Berührung mit Wasser in ein Stadium der Verwesung übergehen, womit die Entwicklung von Gasarten verbunden ist. — Die Gasarten müssten dann, da sie keinen Ausweg finden, den Lehm aufblähen, wodurch allerdings eine Kraftentwicklung entstehen kann, die ausser dem Bereiche aller gewöhnlichen Berechnungen liegt. —

Es scheint eine solche Annahme um so mehr Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, als ich wiederholt Gelegenheit hatte, zu beobachten, dass derselbe Lehm, welcher Anfangs eine so zerstörende Wirkung ausübte, später, wo jede chemische Thätigkeit als beendet betrachtet werden kann, selbst nach Beseitigung der Wände senkrecht stehen bleibt, mithin auf die Wände selbst gar keinen Druck mehr ausübt. —

Durch die entstandene Ausbauchung der Wände fand der Lehm natürlich Gelegenheit sich zu setzen, und es sind daher die Risse erklärlich, welche sich oben zeigten und dem Wasser den Durchfluss gestatteten. Um dem entstandenen Uebelstande möglichst schnell zu begegnen, wurde mit dem vorräthigen Bausteine an der Innenwand ebenfalls ein Steinwurf hergestellt, und da wir vermutheten, dass die Pfostenwände gebrochen seien, an beiden Seiten eine neue Pfostenwand in den Lehm eingeschlagen.

Diese Arbeiten wurden so schnell hergestellt, dass schon innerhalb 4 Tagen, d. i. am 4. September Früh 1½ Uhr wieder zu pumpen begonnen werden konnte.

Von nun an bewährte sich dieser Fangdamm, mit Ausnahme einiger kleinen Störungen beim Anschlusse desselben an die linke Mauer, deren man aber bald Meister wurde, ganz vortrefflich, und der Unterbau im obern Theile des Slip wurde nun mit aller Energie betrieben. Der Aushub für die Fundamente wurde vom Ufer weg vorgenommen, und sobald der feste Grund zum Vorscheine kam, derselbe horizontal abgeglichen und die Aufmauerung begonnen.

ZWEITE ZEITPERIODE.

Während diese Arbeit in befriedigender Weise fortschritt, vergrösserte sich ein bei *b*, Grundriss, Blatt 4. schon immer beobachteter Zufluss unter der linkseitigen Santorinmauer, circa 14 Klafter vom Schienenanfange, wo die Mauer eine Höhe von 5 Fuss unter dem Fluthwasserspiegel hatte, derart, dass ihn die Pumpe mit aller Kraft nicht bewältigen konnte.

Alle möglichen Mittel wurden innerhalb und ausserhalb der Mauer versucht, und zwar wurde rückwärts der Mauer die Anschüttung ausgehoben und ausgebaggert, und sodann wieder mit Lehm, Dünger und Stroh ausgefüllt, eine Pfostenwand bis zum Feststehen geschlagen etc.; innerhalb wurde der Ausfluss mit Lehm und Lehmsäcken abzudämmen versucht, aber Alles war vergebens; der Zufluss nahm fortwährend zu, und es musste am 15. September die Maschine abermals eingestellt und das Schleussenthor geöffnet werden.

Nach mehrfachen vergeblichen Versuchen, und da die linkseitige Schienenmauer bereits über den Durchbruch des Wassers hinaus fundirt und bis in das Niveau der Fluthhöhe beendet war, stellten wir unterhalb des Durchbruches zwischen dieser und der Santorin-Mauer einen Querdamm aus Steinwurf her, welchen wir an der, dem Durchbruch zugekehrten Seite mit einer etwa 3 Fuss starken Lehmschichte belegten. Auf diese Art entstand ein Bassin, welches wohl noch nimmer mit dem Aussenwasser mittelst des Durchbruches in Verbindung stand und in der That mit Fluth und Ebbe stieg und fiel, aber das Aussenwasser vom Bauplatze abschloss.

Es war diess der zweite Nachtheil, welcher nur einer unzeitigen Eile zugeschrieben werden konnte, indem die Ausbaggerung und Reinigung des Meeresgrundes vor Herstellung der Santorin-Mauern nicht gehörig gemacht werden konnte.

Nach vorhergegangener Probe mittelst des Schleussenthores wurde nun die Pumpe den 5. October früh 7 Uhr wieder in Gang gebracht, und die Arbeit schritt wieder sehr befriedigend vorwärts. — Es wurde mit allen möglichen Kräften Tag und Nacht fortgearbeitet, bis durch eine aussergewöhnlich hohe Springfluth die Arbeit am 21. October abermals gestört wurde, indem das Wasser der ganzen Breite nach über den Fangdamm stürzte, so dass das Schleussenthor geöffnet und die Pumpe eingestellt werden musste. Indessen beschränkte sich der Schaden blos auf ein theilweises Auswaschen des Lehmes an der Krone des Fangdammes, was beim Eintritte der Ebbe sogleich wieder hergestellt werden konnte, so dass auch das Auspumpen schon den folgenden Tag hätte beginnen können, wenn nicht eine regnerische, schlechte Witterung diess bis 29. October verschoben hätte.

An diesem Tage wurde die Pumpe wieder in Thätigkeit gesetzt, und den folgenden Tag die weitere Untermauerung der Schienen begonnen.

Die in der Zeichnung Blatt 5. ersichtlichen Quermauern sammt Pfeilern wurden immer gleichzeitig mit der Untermauerung der Schienen derart hergestellt, dass die ganze Arbeit vom Ufer gegen den Fangdamm vorrückte. Das bei der Fortsetzung der

GESCHICHTE DES BAUES.

Mauern durch den Aushub gewonnene Materiale wurde sodann gleichzeitig zur Auffüllung zwischen den Schienen und Quermauern verwendet und das Versetzen der Quadern von oben nach abwärts vorgenommen. Diese Arbeiten schritten derart regelmässig bis zum 14. November vor, als bei der Fundirung der letzten Quermauer rechts, bei *c)*, Grundriss, Blatt 4., nachdem der Aushub für den Pfeiler bereits beendet war, um 3 Uhr früh auch dort das Wasser unter dem Santorin-Mauerwerke derart durchbrach, dass in weniger als einer halben Stunde der ganze Raum mit Wasser angefüllt war. — Ein Ereigniss, welches abermals nur der unterlassenen Reinigung des Meeresgrundes zugeschrieben werden konnte.

Da entlängst der rechtseitigen Mauer zwischen derselben und dem Steinwurfe nur eine etwa 6 Fuss breite Lehm-Anschüttung bestand, mithin auch dort der Andrang des Wassers weit mehr zu befürchten stand, von Innen aber keine Abhilfe möglich war, so musste dem Schaden unmittelbar radical abgeholfen werden, und diess geschah durch eine 5 Klafter lange Spundwand aus $^{11}/_{12}$ zölligen Hölzern mit eisernen Schuhen, deren Anlage im Grundrisse und im Querprofile AB Blatt 4. zu ersehen ist. —

Hierbei erwies sich die Vorsicht, dass wir den Steinwurf nicht unmittelbar an der Mauer, sondern eine Klafter vom Fusse derselben entfernt ausführten, höchst vortheilhaft, da es nur hierdurch möglich ward, des Durchbruches Meister zu werden. Am 5. December konnten wir nämlich nach vorhergegangener gewöhnlicher Probe mit Fluth und Ebbe die Pumpe wieder in Gang bringen, und die Arbeiten gingen von nun an ohne Unterbrechung bis zu ihrer gänzlichen Vollendung in diesem Theile glücklich von Statten.

Bis 30. December waren sämmtliche Quader der Schienenbahn in einer Länge von 300 Currentfuss vollständig versetzt und die Ausfüllung bis in das richtige Niveau beendigt, so dass an diesem Tage das Wasser eingelassen und die Pumpe beseitigt werden konnte. —

Die während der Arbeit durch die Pumpe zu bewältigenden Zuflüsse waren hauptsächlich zwei, deren einer aus dem nicht vollkommen wasserdichten Schlusse des Schleussenthores, der andere aus einer Undichtheit des Fangdammes am linkseitigen Anschlusse an die Santorin-Mauer entsprang. Die übrigen Zuflüsse waren ganz unbedeutend und kamen vorzüglich nur zur Zeit der Fluth durch die Löcher, welche beim Ausziehen der Schrauben, mit denen die Kästen verbunden waren, im Santorin-Mauerwerk entstanden, zum Vorscheine.

Die Gesammtmasse der Zuflüsse betrug Anfangs 388·4 Kubikfuss per Stunde und verminderte sich mit dem Fortschreiten der Arbeiten, wo die meisten der kleinern Zuflüsse abgesperrt wurden, bis auf 250 Kubikfuss per Stunde, mithin um mehr als ein Drittheil des ursprünglichen Zuflusses. Da die Pumpe in jeder Stunde mehr als 3600 Kubikfuss auszupumpen im Stande war, so war auch deren Leistungsfähigkeit für die Trockenhaltung sehr wenig in Anspruch genommen.

ZWEITE ZEITPERIODE.

Im Ganzen war der innere Ausbau dieses ersten Theils, wie man aus dieser Baugeschichte entnehmen kann, sehr oft unterbrochen, und die eigentliche Arbeitszeit für diesen innern Ausbau im Verlauf von 4 Monaten ergab sich blos mit 40 Tagen und 34 Nächten.

Die Pumpe war im Ganzen 1137 Stunden oder 47 Tage und 9 Stunden in Bewegung. Dieselbe bestand aus 2 Pumpenstiefeln, deren Kolben durch einen Balancier bewegt wurden, und bei jedem Hube das Wasser saugten und hinaufdrückten. Der Durchmesser der Pumpenkolben betrug 9·583 Wiener Zoll und der Hub 25 Wiener Zoll, es sollten daher bei jedem Hube ohne Rücksicht auf Undichtheit etc. mit jedem Pumpenstiefel 1804 Kubikzoll und mit beiden Pumpen 3608 Kubikzoll oder 2·088 Kubikfuss Wasser gehoben werden. Der beobachtete Effect ergab sich aber bei 32 bis 34 Doppelhube per Minute mit blos 60 Kubikfuss, welche im ungünstigsten Falle blos 14 Fuss hoch gehoben wurden.

Nimmt man daher das Gewicht des Meeres-Wassers mit 58 Pfund an, so ergibt diess einen Nutzeffect von 3480 Pfund 14 Fuss hoch gehoben oder 48720 Fuss Pfund per Minute, d. i. 812 Fuss Pfund per Secunde, mithin, wenn man eine Pferdekraft mit 424 Fuss Pfund annimmt, nicht ganz 2 Pferdekräfte.

Die Dampfmaschine selbst wurde mit einer Kraft von 10 Pferden angegeben; da sie aber blos einer Probe von 2 Atmosphären unterzogen wurde, und der Dampf-Cylinder 10 Zoll engl. Durchmesser und 2 Fuss Hub hatte, so ergab diess bei 75 Rotationen einen Nutzeffect von höchstens 4 Pferdekräften, und die Maschine hatte daher auch später, als der äusserste Raum bis zu einer Tiefe von 30 Wiener Fuss trocken zu legen war, ihren ganzen Kraftaufwand nöthig, um denselben Effect der Pumpen zu erreichen. —

V.

Geschichte des Baues.

Dritte Zeitperiode vom 1. Jänner bis Ende December 1855.

Die häufigen Unterbrechungen während der Trockenlegung des ersten Theils und namentlich die beiden Durchbrüche des Wassers unter der Mauer, welche die Vorhersagungen eines unmöglich wasserdichten Anschlusses der Santorin-Mauern an den Meeresgrund mindestens theilweise zu bestätigen schienen, veranlassten jetzt die natürliche Frage: Wie es erst mit der Trockenlegung des übrigen Theils, welche am Schienenende bis zu einer Tiefe von 30 Fuss geschehen muss, gehen werde, wenn sich schon bei einer Tiefe von blos 14 Fuss so viele Schwierigkeiten ergaben, namentlich aber, wo auch noch das Santorin-Mauerwerk an der linken Seite, von welchem ein Theil abgestürzt war, höchst wahrscheinlich gebrochen, mithin undicht sein wird?

In der That bestimmten mich diese Verhältnisse und besonders noch der Umstand, dass in diesem Theile die Ausmauerung für das Schleussenthor fällt, welche auf einem pilotirten Roste und ganz aus Quadern hergestellt werden musste, mithin weit mehr Bauzeit erforderte, als der übrige Theil der Ausmauerung, diesen untern Theil nochmals in zwei Theile durch einen Fangdamm zu trennen und sodann gleich den äussersten, am tiefsten, mithin am schwierigsten herzustellenden Bautheil in Angriff zu nehmen. Während daher der äusserste Fangdamm mit Lehm ausgefüllt, und die bereits besprochenen Eisenschliessen zur Verbindung der Molomauern eingezogen wurden, fand die Errichtung eines zweiten Fangdammes, 16 Klafter vom Molo-Ende gegen das Ufer zu, statt.

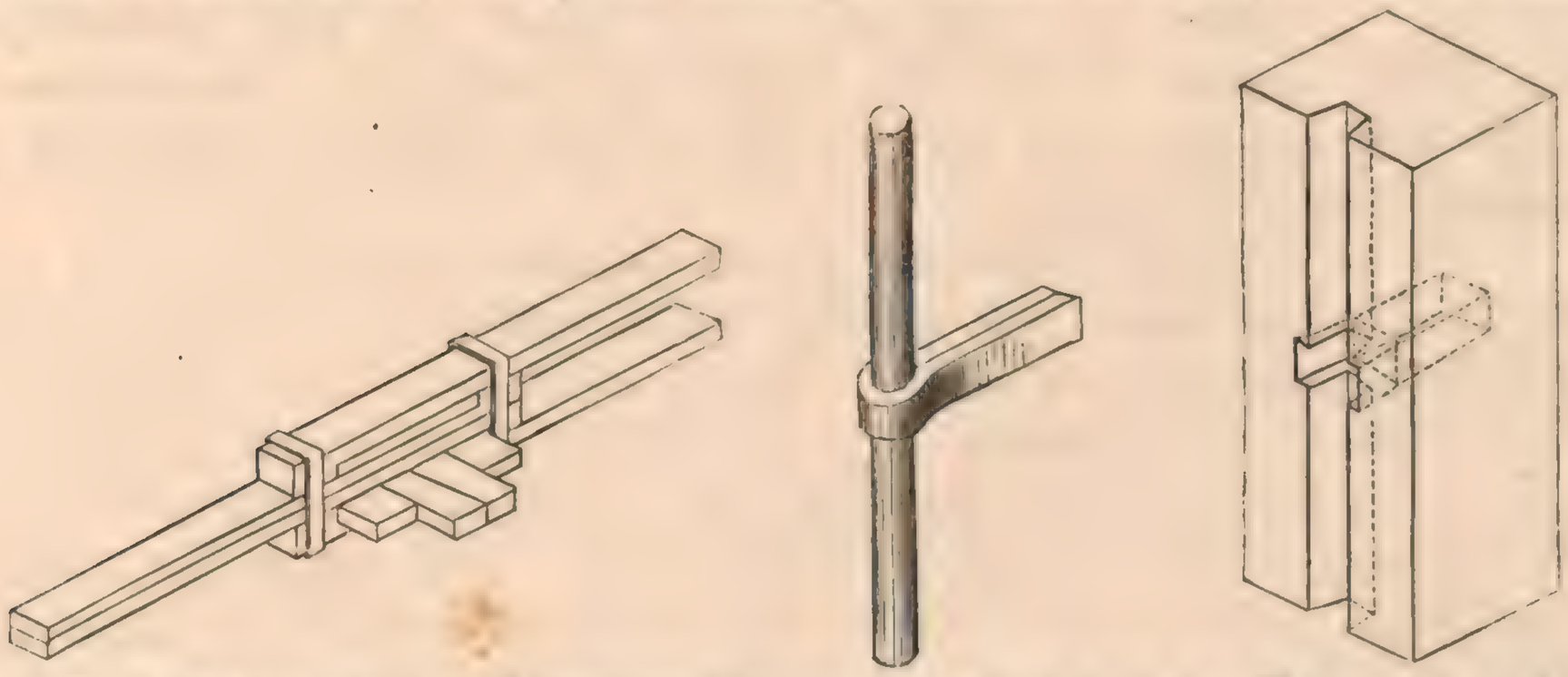
Da wir damals von der wahren Ursache des Berstens des obern kleinern Fangdammes noch keine Kenntniss hatten, und wie schon bemerkt, dieselbe einem Ausreissen der Eisenstangen in Folge des Wasserdruckes zuschrieben, so wollten wir einem gleichen Ereignisse durch eine grössere Breite des Fangdammes vorbeugen, durch welche sich daher der Wasserdruck in keinem Falle fortpflanzen kann.

DRITTE ZEITPERIODE.

Gleichzeitig wurde auch beschlossen, statt der ursprünglich blos für den äussersten Fangdamm beabsichtigten Sprengwerke die beiderseitigen Fangdämme durch 4 Sprengwerke, welche mit der Senkung des Wasserspiegels in Entfernungen von 5 Fuss unter einander eingelegt werden konnten, gegen einander und gegen die beiden Santorin-Mauern abzuspreitzen.

Der auf Blatt 4 mit Nr. 2. bezeichnete Fangdamm wurde daher im Innern 12 Fuss dick angelegt, und wie aus dem Längenprofile und Grundrisse Blatt 4. zu ersehen ist, aus 2 Reihen Piloten von $^9/_{11}$zölligem Holze, welche 4 Fuss von Mitte zu Mitte entfernt standen, gebildet. An diese Piloten wurden innerhalb 3, durch senkrechte Ständer auseinander gehaltene Längenhölzer derart versenkt, dass das oberste im Niveau der Ebbe und die übrigen 5 und 10 Fuss unter demselben zu liegen kamen. Entlängst dieser Längenhölzer wurden sodann an jeder Seite zwei Reihen 3zölliger Pfosten derart eingeschlagen, dass sich die Fugen überdeckten. Diese beiden Holzwände wurden sodann durch Zangenhölzer, welche auf den Köpfen von je zwei Piloten aufgekämmt und durch Eisenbänder festgehalten wurden, verbunden. Während diese beiden Wände hergestellt und Ende Jänner grösstentheils auch bereits mit Lehm ausgefüllt waren, wurden gleichzeitig in demjenigen Theile der bereits fertigen Schienenmauern, welcher über dem Wasserspiegel lag, die Schienen befestiget, die Dampfmaschine und Aufzugsvorrichtung zusammengesetzt und die Pumpe zur Ausschöpfung des vordersten Theils vorgerichtet.

Das Einziehen der Eisenschliessen ging ebenfalls, jedoch langsamer von Statten, da dieselben in das Niveau der Ebbe zu liegen kommen sollten, mithin immer nur kurze Zeit daran gearbeitet werden konnte, und das schon stark erhärtete Santorin-Mauerwerk mit vieler Mühe durchbohrt werden musste. Diese Schliessen erhielten einen Querschnitt von 6 Quadratzoll und wurden von Klafter zu Klafter eingezogen, so dass dieselben nöthigenfalls im Stande waren, dem ganzen Erddrucke Widerstand zu leisten, mithin die Mauer



in ihrer Lage zu erhalten. Ihre innere Verbindung und die mit der Mauer ist aus den vorstehenden Figuren und Profil E F, Blatt 4 ersichtlich. Im Ganzen waren wir daher

schon sehr nahe daran, das Ausschöpfen im äussersten Theile beginnen zu können, als am 3. Februar, wo beide Fangdämme bereits vollgefüllt waren, der mittlere in $^2/_3$ Theilen seiner Länge an seiner Innenwand zerbrach. Die dem Ufer zugewendete Wand des Fangdammes blieb hierbei stehen, von der andern dagegen brachen in einer Tiefe von 9 bis 10 Fuss unter dem Wasserspiegel und in $^2/_3$ der Länge fast alle Piloten und Pfosten, nachdem früher die Eisenbänder und Zangenhölzer zerrissen und zerbrochen wurden.

Ohne mich hier auf eine abermalige Erklärung dieser Erscheinung einlassen zu wollen, glaube ich doch bemerken zu sollen, dass dieser Fall ganz besonders überraschen musste, da von einem einseitigen Wasserdrucke noch keine Rede war, ja derselbe sogar an beiden Seiten gleich, dem Lehmdrucke gerade entgegengesetzt wirkte, und die ganze Construction des Fangdammes für solche Elemente, welche der Berechnung unterworfen werden können, gewiss genügend stark erkannt werden wird. Die Ausführung war aber im höchsten Grade solide, und das verwendete Holz ganz neu, vollkommen gesund und stark.

Es wurden nun die zerbrochenen Bretter und Balken herausgenommen, ein Nothgerüst hergestellt und entlängst der zerbrochenen Stelle eine Spundwand aus $^8/_{10}$ Zoll starken Balken einen Fuss weiter zurückgeschlagen. Längst der stehen gebliebenen Aussenwand und dem völlig in Ordnung gebliebenen Drittheil der Innenwand wurde zur Verstärkung zwischen je zwei Piloten noch eine $^9/_{11}$ zöllige Pilote eingeschlagen, und an den beiderseitigen Wänden aussen im Niveau der Ebbe ein starker Längenbalken angebracht, welche Balken durch eiserne Schrauben mit $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, die durch den ganzen Fangdamm gingen, verbunden wurden. —

Sobald diese Reconstruction beendet war, wurde mit der Anarbeitung des obersten, in die Höhe des mittleren Wasserstandes gelegten Sprengwerkes begonnen. Dasselbe bildete, wie aus Blatt 4 ersichtlich ist, ein achtseitiges Poligon aus doppeltem verschraubten $^{12}/_{15}$ und $^{15}/_{15}$ zölligen Holze. Die Ecken wurden sodann noch durch Ausfütterungen und Streben verstärkt. Entlängst den Wänden der Fangdämme und Santorin-Mauern wurden Keile eingesetzt, durch deren Antreiben das ganze System des Sprengwerks in Spannung versetzt werden konnte.

Am 18. April war endlich Alles so weit hergestellt, dass die erste Probe über die Wasserdichtheit mittelst Ebbe und Fluth gemacht werden konnte, indem man einen bisher offen gelassenen Kanal durch den mittleren Fangdamm verschloss. Hierbei ergab sich ein Zufluss, denn das Wasser stieg, wenn auch langsamer als das Aussenwasser, aber doch zu bedeutend, um es unbeachtet lassen zu können. Verschiedene Versuche zur Auffindung der Stelle des Zuflusses blieben erfolglos. Durch Absperrung der beiden oberen Theile ergab sich, dass in denselben der Wasserspiegel sich nur ganz unbedeutend veränderte, während er gleichzeitig in der äussersten Abtheilung bedeutend stieg. Zwischen den einzelnen Abtheilungen konnten daher keine Communicationen bestehen und der

DRITTE ZEITPERIODE.

Zufluss musste von Aussen kommen. Um denselben leichter aufzufinden, liessen wir nun am 19. April bei Ebbe absperren und die Pumpe arbeiten, in der Hoffnung, dadurch eine grössere Einströmung zu erzeugen, welche dann vielleicht sichtbar werden konnte. Aber trotz aller Kunstgriffe, als: Einwerfen fauler Sägespäne aus Eichenholz, welche in jeder Tiefe des Wassers sich durch ihr fast gleiches Gewicht schwimmend erhielten, Eingiessen von Lehm und Kalkwasser und dgl., konnte diese Stelle doch nicht mit Bestimmtheit ermittelt werden. —

Ich liess nun am 21. April die Wasserspiegel aller drei Abtheilungen in Communication setzen und sperrte dieselben bei Ebbe gegen das Aussenwasser ab. Es entstand hierdurch eine Oberfläche des Wasserspiegels von mehr als 32,000 Quadratfuss, und es musste daher der Zufluss, wenn sich dieser Wasserspiegel innerhalb 6 Stunden um 3 Fuss so wie der äussere heben sollte, bei 100,000 Kubikfuss betragen, d. i. per Secunde beiläufig 5 Kubikfuss, welcher Zufluss der Beobachtung kaum entgehen konnte. In der That fanden wir auch den Zufluss an derjenigen Stelle, wo wir denselben vermutheten, nämlich am Anschlusse des Fangdammes an den rechtseitigen Molokopf. Sobald wir hierüber Gewissheit hatten, gelang auch die Verschliessung der Oeffnung sehr bald, indem wir an der Stelle des Fangdammes runde, stumpfe Pfähle eintrieben, dieselben wieder herauszogen, das entstandene Loch mit Lehm und Werg ausfüllten und den Pfahl wieder eintrieben und so weiter fort.

Ein Versuch am 26. April mit Ebbe und Fluth verschaffte uns die Ueberzeugung, dass nun kein Zufluss mehr dort bestehe, und es wurde daher noch denselben Tag Abends um 6 Uhr die Pumpe in Thätigkeit gesetzt.

Nachdem der Wasserspiegel am 28. April früh bis auf 70 Zoll unter Ebbe gesenkt war, wurde das zweite Sprengwerk, welches ganz ebenso wie das erste construirt war, einzusetzen begonnen, wobei die Pumpe nur zeitweilig arbeitete, um den Wasserspiegel immer in gleichem Niveau zu erhalten.

Am 1. Mai war auch dieses Sprengwerk vollkommen fertig, und es wurde nun mit der weitern Senkung des Wasserspiegels begonnen.

Am 2. Mai früh 9 Uhr war derselbe bereits bis auf 120 Zoll unter das Niveau der Ebbe gesenkt, und es sollte eben die Einsetzung des 3. Sprengwerkes angefangen werden, als sich an der Innenwand des äussern Fangdammes eine Krümmung der Spundphähle ersichtlich machte, welche zusehends stärker wurde. Das zweite Sprengwerk wurde bedeutend in Anspruch genommen, und die längern Sprengbalken begannen sich zu biegen; einige Spundpfähle traten aus der Reihe heraus und der Lehmversatz senkte sich an dieser Stelle. Einige Versuche, die Spundwand an denjenigen Stellen, wo sich durch die entstandene Bewegung Lücken zwischen dem Sprengwerke zeigten, zu verkeilen, mussten bald aufgegeben werden, da die Bewegung in der Wand unaufhaltsam fortschritt und bereits fast die halbe Länge umfasste. Die Arbeiter wurden daher

entfernt, die Pumpe eingestellt und der mittlere Fangdamm durchstochen, um durch möglichst schnelles Anfüllen des Raumes mit Wasser die Gefahr zu vermindern. Bevor aber diess noch ins Werk gesetzt werden konnte, brach einer der doppelten mit Schrauben verbundenen Sprengbalken des zweiten Sprengwerks entzwei, und das nun von keiner Seite mehr gehaltene Sprengwerk fiel in das Wasser hinab. Da der freien Bewegung der Fangdammwand nun kein weiteres Hinderniss mehr im Wege stand, so nahm dieselbe in $^2/_3$ der Länge eine ganz schiefe Stellung an, der Lehmversatz senkte sich und das Wasser drang auch von dieser Seite über den Fangdamm ein. In solcher Weise stellte sich nun sehr bald das gleiche Niveau des Wasserspiegels innen und aussen her, und es trat Ruhe ein.

Eine genaue Erhebung des Thatbestandes ergab nun, dass die äussere Wand des Fangdammes nicht die geringste Veränderung erlitten hatte, und so vollkommen in ihrer ursprünglichen, senkrechten Lage stand, als sie errichtet wurde. Dagegen waren die Balken der Spundwand schon sehr stark durch den bekannten Bohrwurm (teredo navalis), welcher ebenso den Schiffen als Hafenbauten, wenn sie Holzbestandtheile besitzen, gefährlich ist, zerfressen. Diese Würmer bohren sich noch jung in das Holz ein, wachsen und vermehren sich darin und zerstören derart im Laufe eines Jahres ohne einer merkbaren Beschädigung von aussen das Innere des Holzes.

Zudem muss hier auf den Umstand aufmerksam gemacht werden, dass es schon ursprünglich meine Absicht war, diesen Fangdamm gleichzeitig mit dem Senken des Wasserspiegels durch mehrere Sprengwerke zu unterstützen, wie diess in der Regel bei grösseren Tiefen des Wassers angewendet wird, um die Fangdämme nicht ganz unverhältnissmässig stark machen zu müssen. Der Fangdamm war daher auch in der That schwächer gehalten, als er sich ergibt, wenn man seine Stärke so ausmittelt, wie die einer Mauer aus einem Materiale mit dem Gewichte des Lehms gegen den Wasserdruck. Dieses Verfahren ist auch unbedingt sehr gefährlich, da eben der Fangdamm die stärkste Unterstützung in einer Tiefe von $^2/_3$ der Höhe erfordert, diese ihm aber erst dann gegeben werden kann, wenn das Wasser bis dorthin ausgepumpt ist, wo derselbe auch bereits $^8/_9$ des Gesammtdruckes, mithin beinahe den ganzen Wasserdruck auszuhalten hat.

Bringt man hierzu das bereits beschädigte Holz der Fangdammwand in Anschlag, so war die Erklärung dieses Ereignisses auch gegeben, obwohl anderseits auch hier noch ein besonderer Druck des Lehms wirksam gewesen sein muss, um den Bruch der Wand, die unterhalb im Meeresgrunde und oberhalb durch zwei Sprengwerke bereits unterstützt war, und des sehr stark und solid hergestellten Sprengwerkes selbst zu erklären, und ich verweise daher auch hier auf die über die Eigenschaften des Lehms bereits früher mitgetheilten Ansichten. Da ich zu gleicher Zeit in Erfahrung brachte, dass ganz ähnliche Fälle bei dem Baue der Kettenbrücke zwischen Pest und Ofen vorkamen, so war es für mich von höchstem Interesse, von dem Ingenieur Herrn Clarke, der diesen Bau leitete, zu

vernehmen, dass er, um einer schädlichen Volumsvermehrung vorzubeugen, den Lehm mit $^1/_3$ des Volumens Flusschotter von der Grösse eines Eies vermengte. In der That wird hierdurch ein dreifacher Vortheil erreicht, denn fürs Erste wird das Volumen des Lehmes um ein Drittheil vermindert, mithin auch ein Aufblähen, wenn ein solches Statt findet, um ebenso viel kleiner und die Gefahr vermindert; fürs Zweite wird das Gewicht des Lehmes, mithin auch die Stabilität des Fangdammes gegen den Wasserdruck vermehrt, und fürs Dritte wird der natürliche Böschungswinkel dem des Schotters nahe gebracht, mithin gegenüber einem von Wasser durchdrungenen oder aufgelösten Lehme bedeutend vergrössert, d. h. der Druck gegen die Fangdammwände, welchen der Lehmversatz selbst ausübt, bedeutend vermindert.

Dagegen kann daraus, namentlich wenn es sich um den Anschluss des Fangdammes an eine Mauer handelt, wo das Wasser nur zu oft einen Durchfluss findet, oder bei anderen vorkommenden Undichtheiten der sehr gefährliche Uebelstand entspringen, dass sich der Lehm auswäscht und man dann durchaus kein anderes Mittel in Händen hat, den Durchfluss abzudämmen, als das vollständige Ausbaggern der ganzen Masse. Dieses Mittel dürfte daher auch nach meiner Ansicht nur mit der grössten Vorsicht anzuwenden sein und auf solche Stellen beschränkt werden, wo schon im Vorhinein durchaus keine Gefahr eines Wasserdurchflusses zu befürchten ist. —

Weiters muss der mit Schotter gemengte Lehm so schnell eingetragen werden, dass der Lehm nicht Zeit findet sich vollkommen aufzuweichen, weil er sonst sehr leicht ausgewaschen wird, und da der Schotter das Nachsinken des Lehmes verhindert, der Schaden sich sehr schnell vergrössert.

In dieser Beziehung weit weniger gefährlich und die früher bemerkten Vortheile doch auch bietend, dürfte die Vermischung von 2 Theilen Lehm mit 1 bis 2 Theilen feinem Wellsande sein. Mehr als 2 Theile Sand auf 2 Theile Lehm anzuwenden, dürfte aber ebenso wie bei Schotter nicht räthlich sein, damit ausser der, zur Ausfüllung der hohlen Räume des Sandes erforderlichen Lehmmasse, mindestens noch eine gleiche Menge freier Lehm in der Mischung bleibe, und eine etwa nicht ganz vollkommene Mischung weniger gefährlich ist. —

Um aber wieder auf unsern Bau zurückzukommen, so wurde die Herstellung einer neuen Spundwand an der innern Seite des Fangdammes aus $^{14}/_{15}$ zölligem Holze als das einzige Auskunftsmittel beschlossen. Es wurde zu diesem Zwecke ein Nothgerüst errichtet und das Einrammen der angearbeiteten Pfähle in der Art begonnen, dass der ganze Fangdamm nun in der Mitte 15 Fuss und an den beiderseitigen Anschlüssen an die Santorin-Mauern 18 Fuss breit entfiel. Längs dieser Wand an der äussern Seite des Fangdammes wurden sodann 4 unter sich in Abständen von je 4 Fuss verbundene Längenhölzer aus $^{12}/_{15}$ zölligem Eichenholze derart versenkt, dass das oberste in das Niveau der Ebbe zu liegen kam, und ausserhalb dieser Längenhölzer $^{12}/_{15}$ zöllige Eichenpiloten in Entfernungen

von Klafter zu Klafter geschlagen. An der alten Aussenwand des Fangdammes wurde sodann im Niveau der Ebbe ebenfalls ein zweites $^{12}/_{15}$ zölliges Längenholz von Eichen befestigt, und durch dieses, die ganze Breite des Fangdammes und die Eichenpiloten Eisenschrauben von $2\,^1/_2$ Zoll Durchmesser eingezogen, mittelst welcher sämmtliche Hölzer fest verbunden waren. Ueberdiess wurden auch noch die Köpfe der Piloten durch, mit Ueberplattung aufgesetzte und durch eiserne Bänder festgehaltene Zangenhölzer mit der alten Aussenwand fest verbunden. Diese derart ausserordentlich verstärkte Construction ist aus dem Längenprofil Blatt 4 in Allem zu ersehen. Der hinzugekommene und neu zu verdämmende Raum wurde endlich mit der besprochenen Mischung von 2 Theilen Lehm und 1 Theil Flusschotter ausgefüllt, jedoch mit der Vorsicht, dass unmittelbar an die Mauern selbst reiner Lehm verwendet wurde.

In der That bewährte sich nun auch dieser Fangdamm durch die ganze folgende Zeit des Baues als ausgezeichnet gut, obwohl die äussere, ursprüngliche Wand, namentlich gegen Ende des Baues, nicht die geringste Widerstandsfähigkeit mehr besitzen konnte, da sie ohne Zweifel schon nach Verlauf des ersten Jahres durch den Bohrwurm gänzlich zerstört war. Dieser Fangdamm, welcher unbedingt bis zur gänzlichen Beendigung des Baues aushalten musste, war daher auch für uns ein beständiges Damocles-Schwert, welches an einem nur sehr schwachen Faden über unseren Köpfen hing und von jedem kleinen Wellenschlage abgerissen werden konnte. —

Sobald die neue Wand des Fangdammes beendet war, wurde auch das oberste Sprengwerk unverzüglich wieder eingesetzt, und hierbei genau dieselbe Construction wie früher eingehalten, nur mit dem Unterschiede, den die Verkleinerung des Raumes in Folge der Zurücksetzung der neuen Wand bedingte.

Nach vorhergegangener Probe mittelst Fluth und Ebbe wurde den 18. Juni die Pumpe wieder in Bewegung gesetzt und der Wasserspiegel stufenweise immer auf die erforderliche Tiefe zum Einsetzen des nächsten Sprengwerks, sobald eines beendet war, gesenkt.

Den 28. Juni waren alle 4 in der Zeichnung Blatt 4, ersichtlichen Sprengwerke beendet und der Meeresgrund in einer Tiefe von 22 Fuss gänzlich trocken gelegt.

Die Pumpe arbeitete hierbei mit Rücksicht auf die bereits bemerkten Verhältnisse ausgezeichnet gut und machte in einer Minute 36—38 Doppelhube, wobei sie durchschnittlich 70 Kubikfuss Wasser per Minute auswarf. Der Wasserspiegel hatte dagegen eine Oberfläche von 5516 Quadratfuss und senkte sich durchschnittlich in jeder Stunde um 6 Zoll. Da nun die Pumpe durchschnittlich in jeder Stunde 4200 Kubikfuss auswarf, und die Abnahme des Wassers 2758 Kubikfuss betrug, so musste der Zufluss 1442 Kubikfuss per Stunde oder 24 Kubikfuss per Minute betragen.

Dieser Zufluss wurde später oft und namentlich durch das Steigen des Wasserspiegels, während die Pumpe nicht arbeitete, beobachtet und immer gleich gefunden, bis

er später, wo der Bau nach und nach vorrückte, immer geringer wurde. Die Zuflüsse waren alle sichtbar und kamen, ihrer Stärke nach geordnet, an folgenden Stellen zum Vorscheine:

Der Stärkste, nahezu die Hälfte des Gesammtzuflusses betragende, kam in der Ecke des mittleren Fangdammes beim Anschlusse derselben an die linkseitige Santorin-Mauer. Dieser Zufluss allein betrug soviel oder mehr als die Gesammtzuflüsse in den beiden oberen Abtheilungen des Baues, denn es ergab sich, dass der Wasserspiegel in den beiden oberen communicirenden Theilen, wenn sie bei Ebbe gegen das Aussenwasser abgesperrt wurden, bei Fluth, wo der letztere um 3 bis 3½ Fuss höher stand, nicht nur ganz unverändert blieb, sondern sich sogar um etwas senkte.

Der zunächst grösste Zufluss kam durch einen Sprung der Santorin-Mauer bei deren Anschluss an den Kopf des linkseitigen Molos, und betrug beiläufig 8 Kubikfuss per Minute. Diese beiden Zuflüsse kamen in beiläufig ⅓ der Höhe von unten zum Vorscheine.

Alle übrigen Zuflüsse kamen entlängst der Schliesseneisen durch die beiderseitigen Molos und entlängst der Schrauben durch die Fangdämme zum Vorscheine. Dieselben lagen daher im oder ober dem Niveau der Ebbe und waren bei Fluth stärker, bei Ebbe dagegen hörten viele ganz auf. —

Diese letzteren Zuflüsse, von welchen man glauben sollte, dass sie leicht zu verdämmen seien, kamen trotz aller angewendeten Mittel doch immer wieder zum Vorscheine, da sich das Anschüttungs-Materiale zwischen den Molo-Mauern, so wie der Lehmversatz der Fangdämme fortwährend setzten, und so unter den Eisenstangen Rinnsale entstanden.

Hiermit war denn auch die wichtigste Frage, nämlich ob der Bau nach meinem Vorschlage ausführbar, ob das Santorin-Mauerwerk und der Meeresgrund wasserdicht seien, und ob das erstere an den letzteren auch wasserdicht schliesse, zu meinem Vortheile entschieden, und wenn auch an dem Eintreten neuer Schwierigkeiten und Hemmnisse nicht gezweifelt werden konnte, so war doch die Möglichkeit, deren Herr zu werden, nicht mehr in Frage.

Sobald das Auspumpen beendet war, wurden die Einleitungen zum Pilotiren begonnen und 4 Aufzüge zum Herausfördern des Aushub-Materiales eingerichtet. Leider trat aber auch gerade in dieser Zeit, wo die Arbeit endlich mit aller Energie angegriffen werden konnte, die Cholera so heftig auf, dass die bereits eingeleiteten Nachtarbeiten eingestellt und die Arbeiter-Anzahl auf das Minimum reducirt werden musste; welcher Zustand durch die ganzen folgenden 3 Monate sich erhielt, und uns so einen grossen Theil der besten Bauzeit nur wenig zu benützen erlaubte.

Die Fundirungsarbeiten für diesen vordersten Theil des Slip theilten sich in zwei Tiefen, nämlich für das Mauerwerk zum Einsetzen des Schwimmthores und die Flügel-

mauern, deren Rost 24′ 6″ unter Fluth zu liegen kam, und für die Untermauerung der Schienen, deren Rost 30 Fuss unter Fluth gelegt werden musste. —

Der erstere Theil dieser Arbeiten wurde nun vor Allem in Angriff genommen, und zwar eine Spundwand rings um den tiefer zu fundirenden Theil und eine zweite senkrecht auf die Längenachse des Slip unter der Vorbettung des Thores fest eingerammt. Die Anlage dieser Spundwände, so wie überhaupt die Art und Weise der Fundirung ist aus den beigeschlossenen Zeichnungen Blatt 4 und 5 genau ersichtlich. Die Zwischenräume wurden in Abständen von 2′ 3″ vollkommen pilotirt, und hierbei für die Nuth des Schwimmthores, die Vorbettung, das liegende Gewölbe und die Flügelmauern einschliesslich der Spundwände, 940 Stück Piloten geschlagen.

Die Untermauerung der Schienen bis zu jenem Puncte, wo dieselbe auf festen Grund gesetzt werden konnte, ruht auf 660 Piloten. Die Länge der Piloten wechselt von 4 bis 18 Fuss und alle sind mit eisernen 8—10 Pfund schweren Schuhen versehen. Während diese Pilotirungsarbeiten in Folge der herrschenden Epidemie und durch die Natur solcher Arbeiten überhaupt nur langsam und ohne einen sichtbaren Erfolg vor sich gingen, wurden wir durch mannigfaltige Erscheinungen geängstigt. Namentlich beobachteten wir an der linkseitigen Molo-Mauer eine Bewegung, die durch Monate hindurch nicht in Ruhe kam und Anfangs mit solchen Symptomen verbunden war, dass wir fürchteten, der Fuss der Mauer habe eine Tendenz, sich gegen die Achse des Slip in den ausgepumpten Raum zu bewegen. Genaue Beobachtungen, welche wir am Fusse der Mauer anstellten, widerlegten uns aber diese Befürchtungen, und es stellte sich die Bewegung selbst als eine vollkommen verticale Senkung heraus. Dieselbe betrug im Ganzen nahe 6 Zoll und dürfte zweien Umständen zugeschrieben werden, nämlich: Erstens, dass auf dieser Mauer das ganze Gewicht der Dampfmaschine und Pumpen ruhte, deren Viberationen, während sie arbeitete, wir selbst am untersten Sprengwerke an dem Wasserspiegel eines Gefässes beobachteten, und zweitens, dass durch das Pilotiren der Grund, worauf die Mauer stand, sehr stark und fortwährend erschüttert wurde.

Eine andere Erscheinung bestand in kleinen Quellen, welche senkrecht aus dem Grunde aufstiegen, während pilotirt wurde, und uns bei der Beschaffenheit des Meeresgrundes allerdings befürchten liessen, dass sie sich reissend vergrössern. Indessen verschwanden die Meisten nach einiger Zeit wieder, und unter denjenigen, welche blieben, erwies sich die Stärkste als eine Mineralquelle, welche eisen- und schwefelwasserstoffhältig ist. Dieselbe betrug aber auch blos $^1/_6$ Kubikfuss per Minute. —

Diese und andere ähnliche Erscheinungen, welche nur zu oft die Vorboten bedeutender Ereignisse sind, erhielten uns in einer beständigen Aufregung, die nur Derjenige zu würdigen weiss, der ähnliche Arbeiten je zu leiten hatte. —

Am 5. August Nachmittags 3 $^1/_2$ Uhr erhob sich endlich ein Orkan, der in dieser Geschichte des Baues, wenn er auch ohne wesentlichen Nachtheil vorüber ging, doch

einer Erwähnung werth ist. Das Meer war dergestalt aufgeregt, dass die Wellen, vom Sturme gepeitscht, über den rechtseitigen Molo und den äussersten Fangdamm hinüber schlugen, und den Bauplatz 8 Fuss hoch mit Wasser anfüllten. Der Orkan wüthete, wenn auch nur eine Stunde lang, doch mit solcher Gewalt, dass ein Schiff im Hafen von Triest untersank, und sehr viele Schiffe bedeutend beschädigt wurden.

Nachdem sämmtliche Piloten für die Untermauerung des Schleussenthores und der beiderseitigen Flügelmauern eingerammt und zur grössern Sicherheit nochmals nachgeschlagen waren, wurde der Aushub zwischen den Piloten im richtigen Niveau abgeglichen und am 25. August mit dem Abdechseln der Piloten in gleicher Höhe begonnen. Um ferner den Grund möglichst zu verdichten und ein ganz gesichertes Fundament zu erhalten, wurde zwischen den Piloten ein stehendes Pflaster aus Bruchstein in der Art hergestellt, dass die Steine mittelst Handklötze aus Holz in den Grund eingetrieben wurden. Hierauf kam sodann der Rost zu liegen, welcher aus $^{11}/_{12}$ zölligen Längen- und Querschwellen bestand, in der Zeit vom 18. September bis 8. October eingelegt, sehr sorgfältig ausgemauert und noch bis in die Höhe von 20 Fuss 6 Zoll unter Fluth aufgemauert wurde. Sowohl zur Ausmauerung des Rostes, als der Aufmauerung, so wie überhaupt zu allem hier und in der Folge bei diesem Baue gemachten Mauerwerke, wurde Santorin-Mörtel, bestehend aus zwei Theilen Santorin-Erde und einem Theile gelöschten Kalk, angewendet, um bei diesem fortwährend mit Wasser in Berührung kommenden Mauerwerke einen Ueberschuss an Kalk zu haben.

In das unmittelbar auf dem Roste gemachte Mauerwerk wurden beiderseits bei den bestandenen Zuflüssen gebohrte Steinröhren mit 4 Zoll innerem Durchmesser eingemauert und rückwärts an dem Santorin-Mauerwerke ein Schlott gelassen, so dass das Wasser während des Baues dort seinen ungestörten Abfluss hatte. Später, als das Mauerwerk beendet und genügend erhärtet war, wurde das Steinrohr mit einem Pfropfen aus Eichenholz verschlossen und der Schlott mit Santorin-Gussmauerwerk ausgegossen. Schliesslich wurde sodann noch der vordere Theil des Rohres, der im Mauerwerke ausgesparrt war, vermauert. — Dieses Verfahren benützte ich später bei allen Zuflüssen mit sehr gutem Erfolge. —

Auf diese Untermauerung kam nun eine 2 Fuss 6 Zoll hohe Quaderschichte, welche den untern Anschlag des Schwimmthores zu bilden bestimmt ist. — Dieselbe besteht, um dem auf dem Thore lastenden Wasserdrucke genügend Widerstand leisten zu können, aus einem liegenden Gewölbe, welches am Schlusse 4 Fuss Stärke hat und ein Segment mit 51 Fuss Spannweite und 7 Fuss Pfeilhöhe beschreibt. — Die beiderseitigen Flügelmauern, welche gleichzeitig die Widerlager des Gewölbes bilden, und den ganzen Seitendruck des Thores auszuhalten haben, mussten, um nur der Gefahr der Verschiebung der Quadern auf ihrer Lagerfläche mit Sicherheit zu begegnen, nach einer durchgeführten Berechnung mindestens in einer Länge von 30 Fuss von der Nuth weg gemessen, ganz

aus Quadern hergestellt werden. Hieraus ergab sich dann auch die Form des vorne ausgeführten Mauerwerks der Flügel, indem sich das Quader-Mauerwerk mit einer Stiege endet und die stufenförmige Ausmauerung des übrigen Theiles aus Bruchstein dort anschliesst.

Die Form der einzelnen Gewölbssteine, so wie der Nuthsteine, ist aus der beigeschlossenen Zeichnung Blatt 5 vollkommen ersichtlich.

Um endlich die bedeutende Masse grosser Quadersteine unmittelbar an Ort und Stelle versetzen zu können, wurde in der Mitte des äussersten Raumes ein Holzpfeiler errichtet, und derselbe einerseits über den mittleren Fangdamm mit dem Zufahrtswege durch eine stabile Brücke verbunden, anderseits eine Drehbrücke hergestellt, welche am Pfeiler selbst ihren Drehungspunct hatte, und sich mit dem andern Ende auf einer im Kreise gelegten Schienenbahn bewegte. Die Bahn beschrieb etwas mehr als $^3/_4$ eines Kreises, welcher auf dem einerseitigen Molo anfing, und über den vordersten Fangdamm auf den anderseitigen Molo gelangte.

Die Drehbrücke bestand aus zwei $^{12}/_{15}$ zölligen Eichenbalken, deren Auflager 42 Fuss entfernt lagen, und die so weit von einander abstanden, dass in der Mitte die grössten Quadern durchgelassen werden konnten. Um den Balken die genügende Tragfähigkeit zu geben, wurden sie durch eiserne Spannbänder in der Art unterstützt, wie diess in den auf nächster Seite befindlichen Figuren Blatt 2 ersichtlich ist.

Zum Transport der Steine wurde ein zweirädriger Wagen verwendet, dessen Räder einen Durchmesser von $7\,^1/_2$ Fuss hatten, und auf dessen Achse ein Krahn angebracht war, so dass der Stein am Werkplatze aufgehoben und zwischen den Rädern hängend auf die Drehbrücke geführt werden konnte. Dort wurde nun der Wagen selbst und die Brücke so gestellt, dass der Quader über der Stelle hing, wo er versetzt werden sollte, und sodann wurde der Stein hinabgelassen.

Mittelst dieser Vorrichtung wurden die grössten Quader von circa 60 Kubikfuss innerhalb 40 Minuten vom Werkplatze auf beiläufig 100 Klafter Länge bis auf die Brücke transportirt und von dort aus ordentlich versetzt.

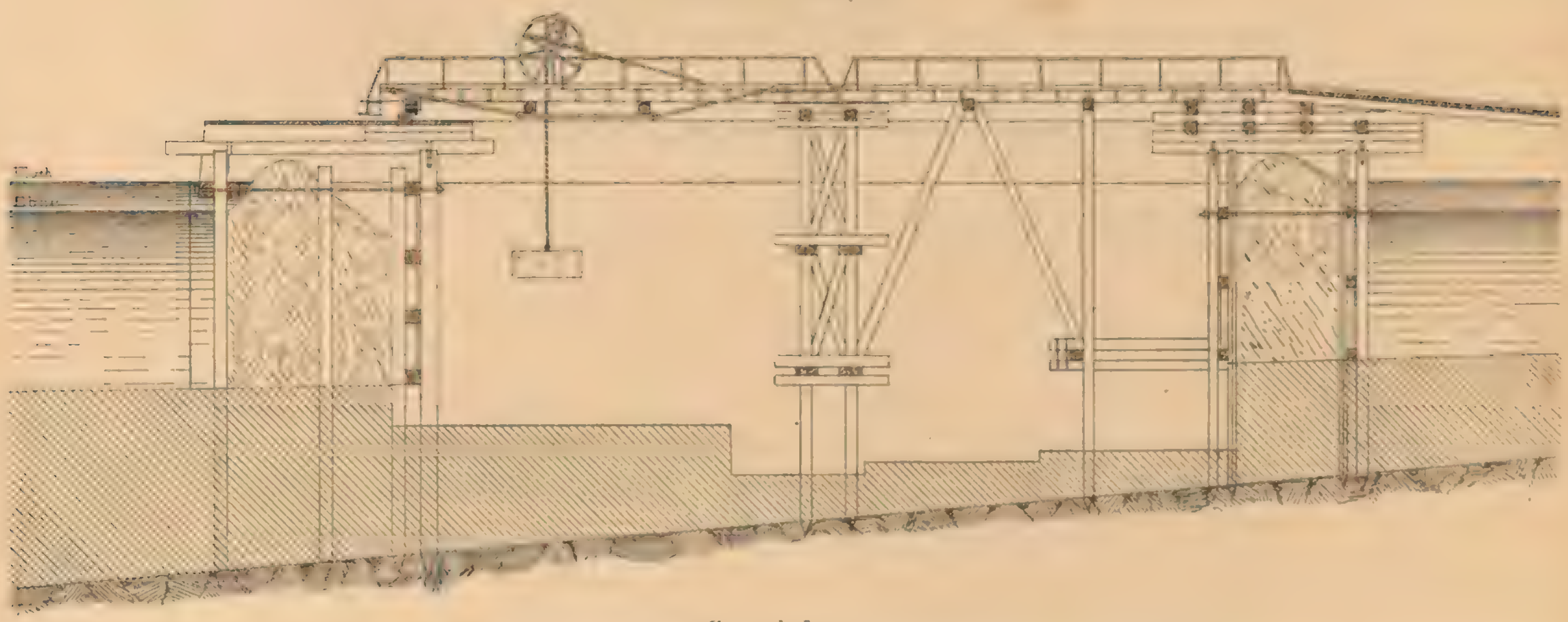
Die beiden Balken der Brücke wurden vor ihrer Benützung durch eine Belastung von 200 Centner probirt, wobei sich eine Einsenkung von $2\,^1/_2$ Zoll ergab, die aber nach Hinwegnahme der Belastung wieder vollkommen verschwand und, da man schon im Vorhinein den Balken eine Sprengung von 3 Zoll gab, dieselben noch nicht einmal in die gerade Linie brachte.

Die grösste Last, welche diese Brücke tragen sollte, bestand in:

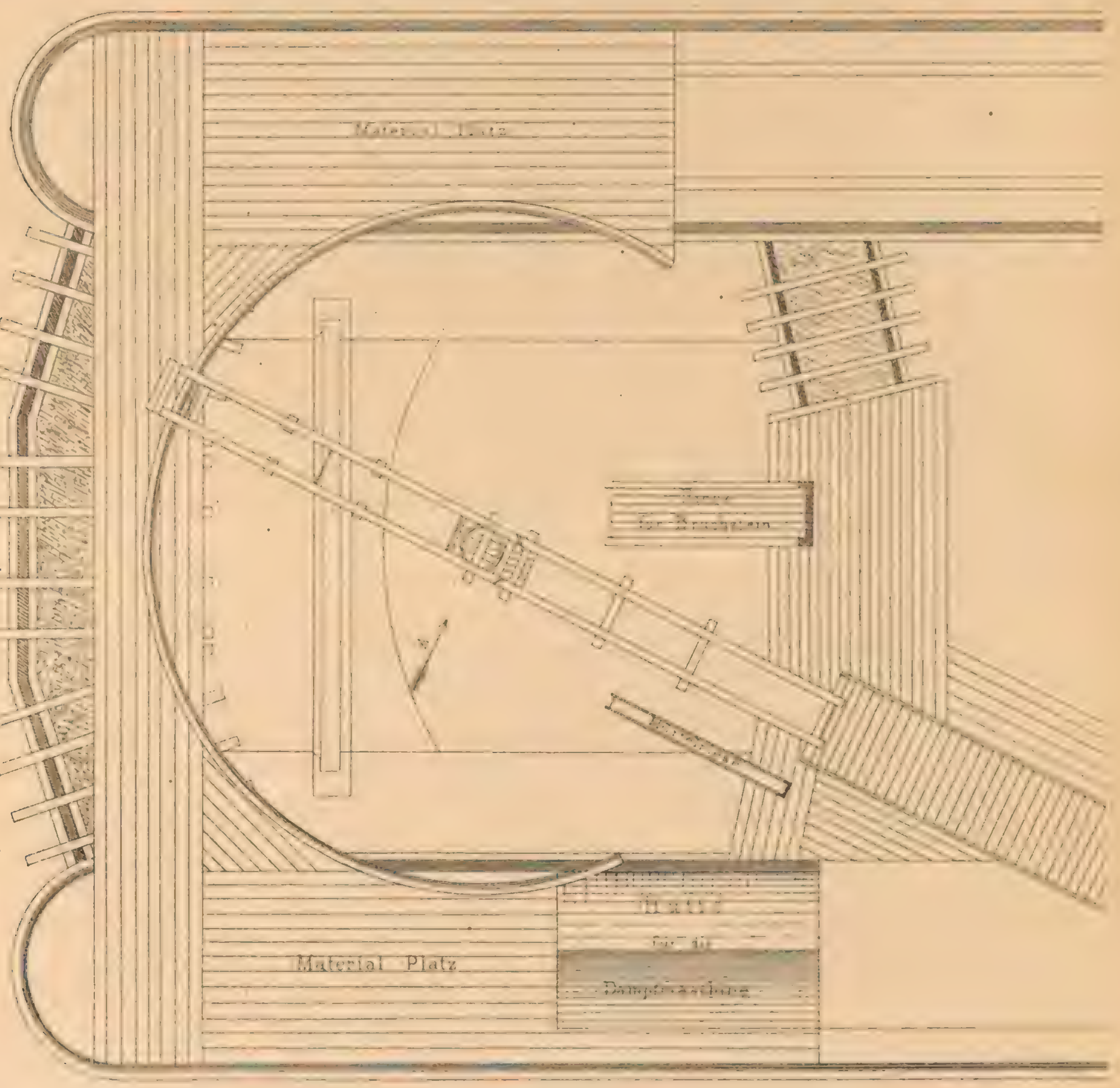
1)	Gewicht der grössten Quader	90	Centner
2)	» des Wagens sammt dem Krahn	40	»
3)	» von 20 Menschen, die den Wagen bedienten	30	»
	Zusammen	160	Centner.

DREHBRÜCKE ZUM QUADERVERSETZEN

Ansicht von A.



Grundplan.



DRITTE ZEITPERIODE.

Am 8. October wurde mit dem Versetzen der Quader für das liegende Gewölbe und die beiderseitigen Flügelmauern begonnen, und von beiden Seiten gegen den Gewölbsschluss zu gearbeitet, jedoch theils wegen Regen, sehr hohen Fluthen und Stürmen, theils wegen des, durch ununterbrochene Arbeit der Pumpe bei Tag und Nacht, eingetretenen schlechten Zustandes derselben und der Dampfmaschine nur sehr wenig geleistet, so dass bis 14. October nur 620 Kubikfuss Quader versetzt waren. —

An diesem Tage früh 2 Uhr nahm auch der Zufluss in der linken Ecke des mittleren Fangdammes sichtbar zu und alle Mittel, denselben zu verdämmen, blieben erfolglos.

Die Pumpe konnte denselben nicht mehr bewältigen und in den beiden oberen Räumen des Slip fiel das Wasser sichtlich, so dass darüber kein Zweifel sein konnte, woher das Wasser kam.

Ich liess nun die Pumpe einstellen, und das Wasser durch die entstandene Oeffnung einströmen, wobei sich im mittleren Raume das Wasser bis 6 Fuss senkte, und wir aus der Erhebung des Wasserspiegels einerseits und der Senkung andererseits, die vollste Ueberzeugung gewannen, dass im mittleren Raume nur sehr wenige unbedeutende Zuflüsse bestehen können. Um aber die, durch den Absturz des oberen Mauerwerkes sehr geschwächte Santorin-Mauer an der linken Seite des Mitteltheils keiner noch stärkern Probe auszusetzen, da dieselbe ohnediess schon $^3/_4$ des Gesammtdruckes auszuhalten hatte, so liess ich das Schleussenthor im obersten Theile öffnen und den mittleren Fangdamm durchstechen, so, dass sich in allen 3 Abtheilungen das Wasser gleich hoch mit dem Aussenwasser stellen konnte.

Hiermit endete auch der Fortschritt des Baues im Jahre 1855, da alle weiteren in diesem Jahre noch gemachten Arbeiten entweder durch das eingetretene schlechte Wetter, oder durch neue Durchbrüche des Wassers an derselben Stelle immer sehr bald wieder unterbrochen wurden.

Der am 14. October entstandene Durchbruch war zwar durch eine, in den Fangdamm eingetriebene Spundwand und durch Verdichten des Lehmes mittelst Eintreiben von runden, stumpfen Pfählen schon am 20. October wieder geschlossen, und die Pumpe wurde auch an diesem Tage mit sehr gutem Erfolge in Bewegung gesetzt; aber bevor noch die Arbeit an dem Mauerwerke wieder begonnen werden konnte, öffnete sich am 24. October der Durchbruch an derselben Stelle neuerdings, und das Pumpen musste abermals eingestellt werden.

Um diesem Uebelstande radical abzuhelfen, beschlossen wir, die äussere Ecke des Fangdammes im Mitteltheile durch eine Spundwand schief abzuschneiden und mit Lehm zu verdämmen. Hierzu war aber vor Allem eine Reinigung des Meeresgrundes erforderlich, da an dieser Stelle viele Steine und anderes Materiale angehäuft lagen. Obwohl diese Arbeiten, in so weit es das Wetter gestattete, Tag und Nacht sehr thätig fortgesetzt wurden, so verzögerten sie sich doch bis 1. December, an welchem Tage die, mittlerweile

in vollkommen guten Stand versetzte Dampfmaschine und Pumpe mit so gutem Erfolge zu arbeiten anfing, dass binnen 24 Stunden der ganze Raum leer war.

Die Arbeiten an der untersten Gewölbsschichte wurden nun, nachdem Alles in ordentlichen Stand gesetzt war, allerdings wieder angefangen, aber schon am 12. December durch eine Quelle, welche scheinbar mitten aus dem Grunde aufstieg, wieder unterbrochen.

Das gleichzeitige bedeutende Sinken des Wasserspiegels im mittleren Raume verschaffte uns die Gewissheit, dass das Wasser von dorther komme, und es war nur die Frage, ob es sich unter dem Fangdamme einen Weg gebahnt habe, wofür das Heraufbrechen aus dem Meeresgrunde sprach; oder ob es wieder an derselben Stelle, wie früher, eindrang, und nur weil der früher bestandene Ausfluss verdämmt war, einen anderen Weg fand?

In der That war diess Letztere, wie wir uns später überzeugten, auch wirklich der Fall, indem das Wasser entlängst der gebrochenen und umgelegten Hölzer der alten Fangdammwand einen Ausweg fand, und in der Mitte von unten aufstieg.

Es wurde nun noch ein weiterer Versuch gemacht, der auch vollkommen gelang, indem wir eine neue Spundwand von der Mitte des Fangdammes angefangen, 2 Fuss entfernt von der Aussenwand und parallel zu dieser einrammten und hart an das linkseitige Santorin-Mauerwerk anschlossen.

Am 16. December konnte das Pumpen abermals beginnen, und es ging vortrefflich von Statten, leider aber erlaubte diessmal die Witterung nicht zu arbeiten. Eine sehr heftige Bora und eine eingetretene Kälte von 8 bis 10 Grade unter Null zwangen uns endlich am 22. December auch die Pumpe einzustellen, da das Wasser in den Speisepumpen des Kessels eingefroren war.

Diese andauernde Kälte und mehrere zusammenfallende Sonn- und Feiertage veranlassten uns auch, die Arbeiten für dieses Jahr gänzlich einzustellen.

VI.

Geschichte des Baues.

Vierte Zeitperiode vom 1. Jänner 1856 bis zu seiner Beendigung.

Mit dem 1. Jänner 1856 schien es, als wären alle Unannehmlichkeiten mit einem Male beendet, und selbst das Wetter begünstigte uns in ganz unerwarteter Weise.

Es wurde nämlich noch am 1. Jänner die Pumpe in Bewegung gesetzt, und schon am 3. Jänner konnte das Versetzen der Quadern begonnen werden. Ich führte Tag- und Nachtarbeit in der Weise ein, dass sich die Arbeiter alle 8 Stunden ablösten, mithin nicht die geringste Zeit für Frühstück, Mittag- und Abendmahl verloren ging. Am 23. Jänner war nicht nur die unterste Gewölbsschichte, sondern auch bereits zwei vollständige Quaderschichten der beiderseitigen Flügelmauern versetzt und der mittlere Fangdamm durch ein Sprengwerk gegen das fertige Quadermauerwerk abgefangen, so dass an diesem Tage das unterste, ursprünglich eingesetzte und den Fortschritt des Mauerwerks an den Flügelmauern beirrende Sprengwerk herausgenommen werden konnte.

Nachdem weitere zwei Quaderschichten aufgesetzt waren, wurde der äusserste Fangdamm in der Höhe des bestandenen vierten Sprengwerkes gegen die Nuth des Schwimmthores im fertigen Quadermauerwerke abgesprengt und am 7. Februar auch das dritte Sprengwerk, welches am Meisten in Anspruch genommen war und dessen Balken bedeutend gebogen waren, gelüftet und sodann herausgenommen, ohne dass man dabei die geringste Veränderung beobachten konnte. In dieser Weise wurden die vorhandenen Arbeiten fortgesetzt, bis alle bestandenen Sprengwerke ausgewechselt waren.

Sobald diess der Fall war, wurde die Fundirung des mittleren, tiefsten Theiles zwischen den beiderseitigen Flügelmauern begonnen, und ebenfalls ohne der geringsten Unterbrechung beendet. Bemerkenswerth ist hierbei blos, dass der Maschinist, Herr Breininger, welcher in dieser Zeit die Dampfmaschine und Pumpe dirigirte, die letztere in so vollkommenen

GESCHICHTE DES BAUES.

Zustand brachte, dass dieselbe das Wasser bis auf 30 Wiener Fuss Höhe saugte, mithin ein nahe vollkommenes Vacuum erzeugte.

Am 23. April war der vorderste Theil des Slip bis auf einige Quaderschichten in der Art gänzlich ausgemauert, wie diess aus der beigeschlossenen Zeichnung Blatt 5 ersichtlich ist.

Der fortwährend constante Stand des Wasserspiegels im mittleren Theile, so wie auch die Beobachtungen, welche wir im verflossenen Jahre bei den mehrfachen Durchbrüchen des Wassers aus dem mittleren in den äussersten Theil zu machen Gelegenheit hatten, woraus wir auf einen nur sehr unbedeutenden Zufluss schliessen konnten, veranlasste schon im December des verflossenen Jahres den Wunsch, mittelst einer zweiten Pumpe und Dampfmaschine gleichzeitig auch in dem mittleren Theile des Slip arbeiten zu können. Die Direction des österreichischen Lloyd kam diesem Wunsche durch Bestellung einer zweiten solchen Maschine auch sogleich entgegen.

Indessen verspätete sich deren Ankunft, Aufstellung und Probe des Kessels bis 3. April, wo aber auch bereits das obere Sprengwerk, wie es aus der Zeichnung Blatt 4 ersichtlich ist, beendet war, so dass schon am 8. April mit der Senkung des Wasserspiegels bis in dasjenige Niveau, wo das zweite Sprengwerk einzusetzen kam, begonnen werden konnte. Auch diese Arbeit ging über alle Erwartung glücklich von Statten, und am 17. April war das untere Sprengwerk beendet und denselben Tag auch noch der ganze Raum leer gepumpt. Die Pumpe bewältigte während der Arbeiten am Sprengwerke den innerhalb 6 bis 8 Stunden stattgefundenen Zufluss immer in einer halben Stunde. Später dagegen, als der Aushub und das Einrammen der Piloten begonnen wurde, musste die Pumpe, da das Ansammeln des Wassers die Arbeit gestört hätte, ununterbrochen in Thätigkeit erhalten werden.

Am 28. April, mithin fast gleichzeitig mit der Beendigung des vorderen Theiles des Slip konnte auch die Ausmauerung im Mitteltheile stellenweise begonnen werden, und am 9. Mai waren auch diese Arbeiten schon so weit vorgeschritten, dass unbesorgt der oberste kleine, und den 13. Mai auch der untere mittlere Fangdamm zu demoliren begonnen werden konnte. Die Ausmauerung wurde, wie aus den Querprofilen Blatt 5 ersichtlich ist, in der ganzen Breite gemacht, und sobald diese an einer Stelle fertig war, die Aufmauerung der beiden Seitenmauern bis in das Niveau des unteren Sprengwerkes aufgeführt.

So schritten die Arbeiten ohne Unterbrechung fort, und am 20. Mai war bereits ein so grosser Theil der Seitenmauern aufgeführt, dass mit der Herausnahme des unteren Sprengwerkes im Mitteltheile begonnen werden konnte.

Am 31. Mai war der oberste kleinste Fangdamm nicht nur gänzlich entfernt, sondern an dessen Stelle auch die Ausmauerung der Sohle und Aufmauerung der Seitenmauern beendet. Der mittlere Fangdamm war bereits grösstentheils demolirt und das untere Sprengwerk ganz herausgenommen.

VIERTE ZEITPERIODE.

Gleichzeitig und sobald ein Theil des unteren Sprengwerkes entfernt war, wurde aber auch die Aufmauerung der Seiten-Mauern bis in das Niveau des oberen Sprengwerkes hergestellt, so dass am 5. Juni auch die ersten Balken des oberen Sprengwerkes entfernt werden konnten.

Am 12. Juni wurde weiters auch die Fortsetzung der, im obersten Theile bereits versetzten Quadern für die Schienen angefangen.

Mittlerweile war auch die Demolirung des mittleren Fangdammes so weit beendet, dass der Grund-Aushub und das Einrammen der Piloten für diesen noch zu fundirenden Theil begonnen werden konnte, und am 25. Juni wurde bereits die Ausmauerung des Rostes für diesen letzten Theil, womit der ganze Bau zusammen geschlossen wurde, gemacht.

Alle und jede Gefahr schien bereits beseitiget, entlängst des durch den Einsturz der linkseitigen Slipmauer so sehr geschwächten Santorin-Mauerwerkes wurde nicht die geringste Bewegung beobachtet, und das, aus Vorsicht eingesetzte Sprengwerk des Mitteltheiles liess nicht den geringsten Druck ersichtlich werden, als am 28. Juni gerade an der Stelle, wo sich der mittlere Fangdamm an die linkseitige Santorin-Mauer angeschlossen hatte, wo aber dieselbe in ihrer ursprünglichen Lage erhalten war, eine Bewegung in der Mauer sichtbar wurde.

Nochmals wurden wir aus unserer bereits geträumten Sicherheit gerissen, aber glücklicher Weise ohne ernstliche Folgen. Es war diess nämlich eben die Stelle, von welcher weg der Absturz der Santorin-Mauer anfing und, so scheint es, dass sich die Spaltung in der Längen-Achse des Santorin-Mauerwerkes auch noch eine Strecke weit in diese Mauer fortgesetzt hatte, ohne aber dass der gespaltene Theil abgestürzt war. Die beobachtete Bewegung beschränkte sich daher auch nur auf eine dünne Schichte der Aussenfläche der Mauer, und als diese beseitiget war, kam auch die vollkommen gesunde, feste Santorin-Mauer zum Vorschein.

Indessen wurde zur grösseren Vorsicht doch die Aufmauerung der Seitenmauer an dieser Stelle möglichst betrieben, so dass sie innerhalb 2 Tage und 2 Nächte vollkommen hergestellt und hiermit auch der letzte Schein einer Gefahr verschwunden war.

Die nun noch fehlenden Arbeiten, nämlich das Versetzen der Schienen-Quader, Herstellung des Pflasters zwischen denselben, Befestigen der Schienen und andere Vollendungs-Arbeiten gingen nun rasch von Statten und am 20. Juli 1856 konnte der ganze unter Wasser liegende Theil des Baues als vollendet betrachtet werden.

Am 22. und 23. Juli wurde die erste Probe mit dem leeren Wagen gemacht, und am 25. Juli die Pumpe eingestellt und sogleich entfernt, da dieselbe die Herstellung eines Theiles der Seitenmauer beirrt hatte, der daher auch noch vor Einlassen des Wassers beendet werden musste. Am 26. Juli wurde endlich das Schleussenthor geöffnet und das Wasser eingelassen.

GESCHICHTE DES BAUES.

Die nun noch nöthige Demolirung des äussersten Fangdammes wurde in der Art vorgenommen, dass noch vor Einstellung der Pumpe die Eichenpiloten an der inneren Seite des Fangdammes im Niveau des Pflasters der Vorbettung abgeschnitten und gleichzeitig auch die innerste Wand auf $^2/_3$ der Holzstärke eingehauen wurde, so dass diese Wand nach Beseitigung des Lehmes ohne Anstand in der richtigen Höhe abgebrochen werden konnte.

Sobald sodann das Wasser eingelassen war, wurde auch von dem Lehmversatze so viel ausgehoben, als der Wasserstand erlaubte, und dann die äusserste Wand abgebrochen. Die Piloten derselben waren nämlich durch den bekannten Bohrwurm unmittelbar am Grunde derart zerfressen, dass dieselben sämmtlich mit Leichtigkeit abgebrochen werden konnten.

Der, durch die Entfernung der Wand theilweise abgestürzte Lehm wurde nun mittelst des Dampf-Hafenräumers, welchen die hohe k. k. Central-Seebehörde der Direction des österr. Lloyd zu diesem Zwecke bereitwilligst zur Verfügung stellte, ausgebaggert, und sodann die, wie früher schon bemerkt, ebenfalls durch Würmer zerfressene Mittelwand in derselben Weise abgebrochen und theilweise mit einer Säge unter Wasser abgeschnitten.

Endlich wurde die innerste, bereits eingeschnittene Wand, nachdem der noch übrige Lehm-Versatz ebenfalls mittelst des Dampf-Hafenräumers entfernt war, wie bereits bemerkt, abgebrochen.

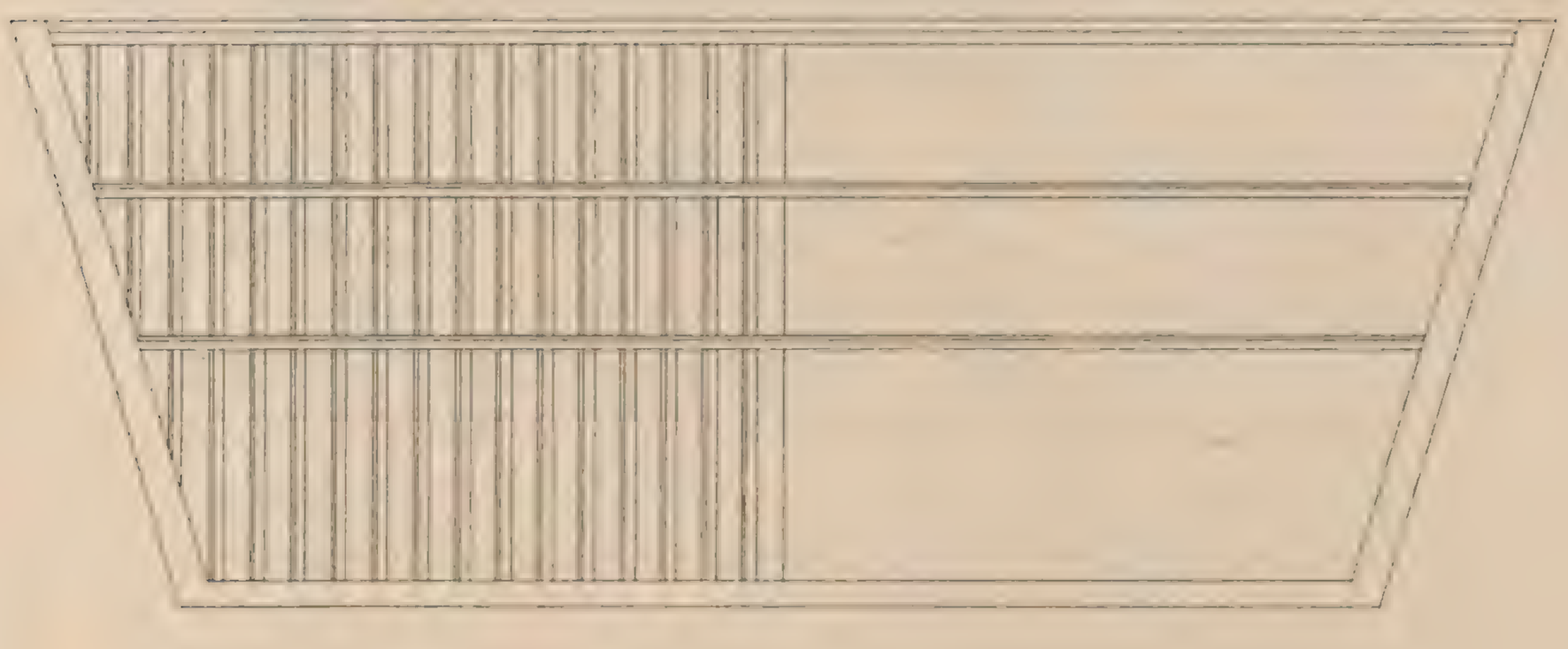
Diese und die Vollendungs-Arbeiten über dem Wasserspiegel wurden so thätig fortgesetzt, dass bereits am 18. August der Slip dem Betriebe übergeben werden konnte. Der ganze Bau nahm daher, trotz der misslichen Verhältnisse, unter welchen er ausgeführt wurde, und trotz der Einstellung des Baues im Jahre 1854 durch 2 der besten Baumonate und der Cholera im Jahre 1855, blos 3 Jahre und 2 Monate in Anspruch, in welcher Zeit die Dampfpumpe gerade 365 Tage und Nächte in Thätigkeit war.

Wie man aus Blatt 5, welches den vollendeten Bau darstellt, ersehen kann, ist zudem der untere Theil des Slip nach meinem Antrage vollkommen dockförmig ausgemauert, und daher auch als Trockendock benützbar, wenn der Wagen selbst oder auch nur das Mittelstück desselben, welches die geneigte Fläche der Sohle genügend ausgleicht, auf den Schienen hinab gelassen wird. Hiermit ist auch die Benennung eines vereinigten Slip und Trockendock's genügend gerechtfertiget.

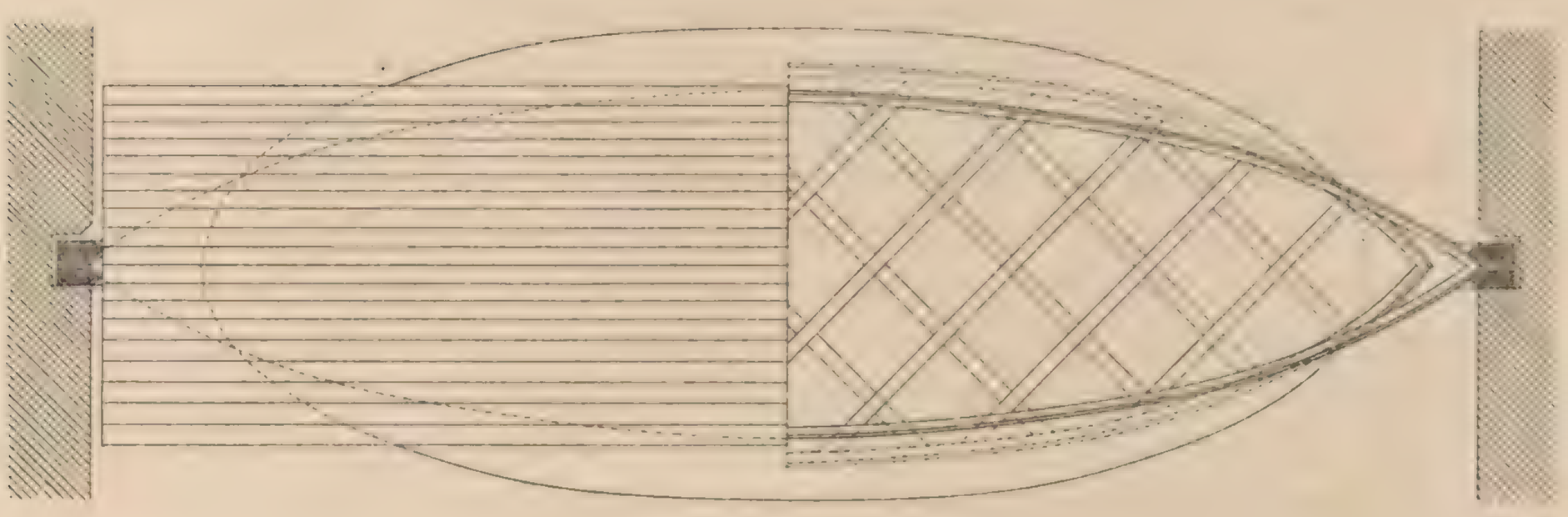
Zur Absperrung des trocken zu legenden Raumes wird ein sogenanntes Schwimmthor aus Eisen hergestellt, dessen Anfertigung die Eisen-Werke zu Limehouse bei London der Herren Seaward & Capel übernahmen. Dasselbe besteht, wie aus dem nebenstehenden Blatte 3 ersichtlich ist, aus einem ganz von Eisen construirten Schiffskörper, welcher in einem verticalen Schnitt in der Längenachse die genaue Form der Nuth hat. Der eiserne Kiel, sowie die beiderseitigen Steven sind mit englischem Eichenholze belegt.

SCHWIMMTHOR (Floating Gate)

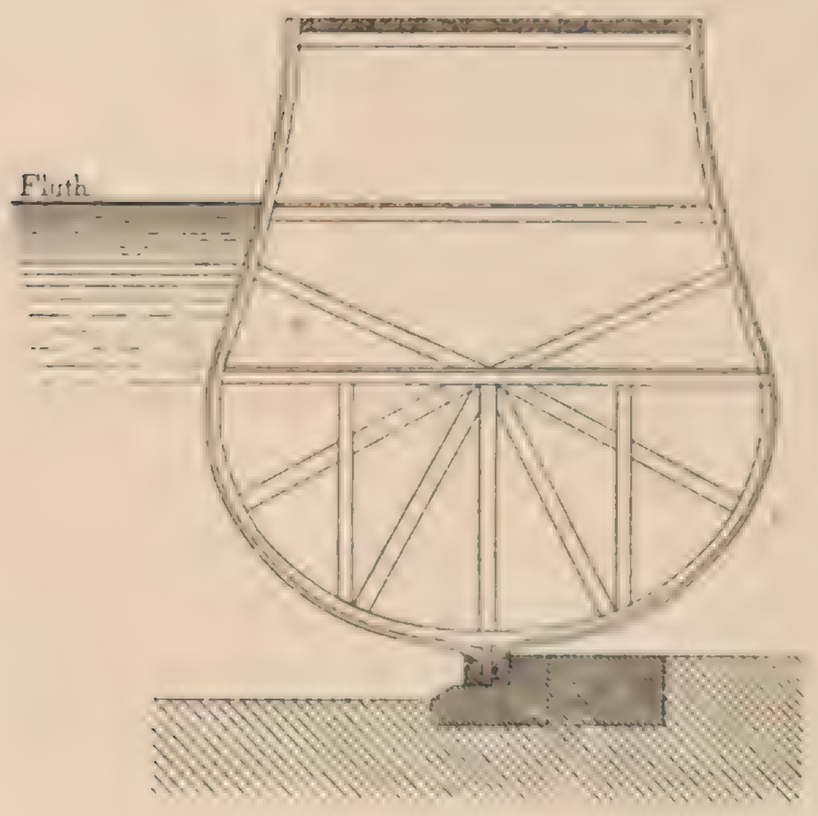
Langenschnitt.



Grundriſs.



Querschnitt.



Lit. B. Linassi.

VIERTE ZEITPERIODE.

Dieser Schiffskörper schwimmt für gewöhnlich und kann daher von einem Orte zum anderen leicht bewegt werden. So wird er daher auch in die Richtung der Nuth eingestellt, und sodann ein Theil des Schiffskörpers durch Oeffnen eigens hierzu angebrachter Ventile mit Wasser angefüllt. Hierdurch senkt sich der Schiffskörper, bis der Kiel auf dem unteren Theile der Nuth horizontal aufliegt, und die Steven in Folge der Böschung der Seitenmauern in die für sie angebrachten Nuthen zu liegen kommen.

Sobald dann in dem inneren Raume der Wasserspiegel durch Auspumpen gesenkt wird, wird durch den äusseren Wasserdruck auf die ganze äussere Schiffsfläche die Holzverkleidung des Kieles und der Steven derart an die Nuthflächen angepresst, dass ein wasserdichter Abschluss entsteht.

Da übrigens dieses Schwimmthor bei Beendigung des Baues wohl bereits in Arbeit genommen, aber noch nicht vollendet war, und auch der Bau selbst für den Anfang nur als Slip benützt werden soll, so wurde über die zweckmässigste Anordnung einer Pumpe zum Trockenlegen noch kein definitiver Beschluss gefasst.

Der Wagen zum Aufziehen der Schiffe besteht, wie aus der Zeichnung desselben, Blatt 6, ersichtlich ist, der Hauptsache nach aus 6 eichenen Längenbalken, woran die Zapfenlager der Rollen befestiget sind. Hiervon sind in der Mitte 2 Balken, die eigentlich das ganze Gewicht des Schiffes zu tragen haben, und diese ruhen auf einer doppelten Reihe von Rollen, während die Seitenbalken, die nur die Bestimmung haben, das Schiff in seiner verticalen Lage zu erhalten, auch nur einfach sind und eine einfache Reihe solcher Rollen haben, die überdiess auch in grösseren Entfernungen von einander angebracht sind. Entlängst der Mittelschiene zwischen den Führungen der Rollen sind Zähne angebracht, in welche Sperrhaken einfallen, und so das Zurücklaufen des Wagens verhindern.

Diese Längenbalken sind sodann durch Querbalken verbunden, auf welchen sich Keile verschieben lassen. Diese haben einen Sperrhaken, welcher wohl eine Verschiebung gegen die Mitte zu, aber nicht zurück gestattet, und sind mittelst eines Seiles unter Wasser beweglich. Sobald nämlich das aufzuziehende Schiff seiner ganzen Länge nach mit dem Kiele auf dem Mittelbalken aufsitzt, werden diese Keile beiderseits vom Bord des Schiffes aus mittelst der bemerkten Seile unter den Schiffskörper gezogen.

Die Kette selbst, woran der Wagen sammt dem Schiffe aufgezogen wird, besteht aus doppelten 19 1/3 Fuss engl. Mass langen runden Gliedern mit 3 Zoll engl. Durchmesser, welche in eine Kette ohne Ende eingehängt, und sobald das Schiff um die Länge eines solchen 19 1/3 Fuss langen Kettengliedes aufgezogen ist, einzeln bei Seite gelegt werden, wozu ein eigener Krahn angebracht ist.

Die Kette ohne Ende wird durch eine Dampfmaschine und eine bedeutende Uebersetzung der Kraft in Bewegung gesetzt. Die Dampfmaschine selbst ist sehr einfach construirt, hat einen liegenden Cylinder mit 19 Zoll engl. Durchmesser und 3 Fuss engl.

Hub, ohne Condensation und Expansion. Die Dampfspannung ist auf 2·4 Atmosphären über den äusseren Druck der Atmosphäre festgesetzt, und die Dampfmaschine kann daher mit circa 30 effectiven Pferdekräften arbeiten.

Die Kolbenstange greift in einen Krummzapfen ein und bewegt dadurch die Schwungrad-Welle, an welcher sich nebst einer Kupplung auch 3 Getriebe mit verschiedenen Durchmessern befinden, wodurch es möglich wird, eine grössere oder kleinere Kraft auf die Zugkette auszuüben.

Nach der Anzahl der Zähne muss nämlich, damit die Kettentrommel eine Umdrehung macht, die Dampfmaschine je nach dem eingerückten Getriebe $34^{2}/_{15}$, 56 oder $93^{1}/_{11}$ Umdrehungen machen. Nimmt man daher 40 Umdrehungen der Dampfmaschine per Minute an, so wird sich die Kette ohne Ende, da der mittlere Durchmesser der Trommel sammt Kette $28^{1}/_{2}$ engl. Zoll beträgt, entweder mit einer Geschwindigkeit von 105, 64 oder $38^{1}/_{2}$ Zoll per Minute bewegen, d. i. per Secunde 0·146, 0·089 oder 0·053 Fuss. Bewegt sich weiters der Dampfkolben mit einer Geschwindigkeit von 4 Fuss per Secunde, und ist der effective Druck auf die Kolbenfläche nach Abzug aller Verluste circa $35^{0}/_{0}$ des wirklichen Dampfdruckes oder 3000 Pfund, so wird die Kette eine Zugkraft von circa 82,000, 136,000 oder 226,000 Pfund ausüben.

Die Rollen haben einen Durchmesser von 10 Zoll und deren Achsen von $2^{1}/_{4}$ Zoll engl. Es ergibt sich hieraus das Verhältniss von 9 zu 40. Nimmt man daher in Anbetracht, dass die Zapfenlager der Rollen nur unvollkommen oder gar nicht geschmiert werden können, die Reibung von Eisen auf Eisen mit $^{1}/_{9}$ an, so ergibt sich als Zugkraft zur Ueberwindung der Reibung $^{1}/_{40}$ des Gesammt-Gewichtes des Schiffes sammt Wagen. Hierzu kommt ferner noch, da die schiefe Ebene eine Neigung von 6 auf 100 hat, zum Heben des Schiffes eine Zugkraft von $^{6}/_{100}$ des Gesammt-Gewichtes, daher die Gesammt-Zugkraft $^{6}/_{100} + {}^{1}/_{40} = {}^{17}/_{200}$ des Gesammt-Gewichtes.

Nimmt man nun das Gewicht des Wagens mit etwa 2200 Centner an, so können mit den früher erhaltenen disponiblen Zugkräften Schiffe mit einem beiläufigen Gewichte von 7450 Centner oder 414 Tonnen, 13800 Centner oder 766 Tonnen oder endlich 24400 Centner oder 1355 Tonnen aufgezogen werden.

Wie man schon aus dieser approximativen Berechnung ersieht, dürfte mindestens bei den Schiffen des österreichischen Lloyd schwerlich der Fall vorkommen, dass man mit der disponiblen Kraft nicht ausreichen sollte, und es versteht sich auch von selbst, dass man es vollkommen in seiner Macht hat, die Zugkraft innerhalb der obigen Grenzen beliebig zu modificiren. Der Umstand übrigens, dass ein Schiff mit solchen Dimensionen, wie sie die Länge und Construction des Wagens aufzuziehen erlauben, nie mehr als 500 bis 700 Tonnen ohne Nutzlast wiegen kann, und auch nie so tief tauchen wird, als es die Anordnung des Baues erlaubt, könnte den Ausspruch veranlassen, als stehe die disponible Zugkraft so wie die angenommene Tauchung des Schiffes in keinem Verhältnisse

mit den übrigen Anordnungen. Es muss daher hier ausdrücklich noch bemerkt werden, dass bei der ganzen Anordnung der Verhältnisse immer der Fall vor Augen schwebte, dass sich ein bereits beladenes Schiff schadhaft ergeben kann, und es wünschenswerth erscheint, den Schaden, ohne das Schiff auszuladen, repariren zu können, worin eben der wesentlichste Nutzen eines Slip besteht. Dann kann aber auch sehr bald der Fall eintreten, dass selbst die disponible Zugkraft nicht mehr ausreicht, da z. B. ein Schiff, dessen eigenes Gewicht 600 Tonnen beträgt, in der Regel 800 Tonnen Nutzlast einnehmen kann, daher zusammen 1400 Tonnen wiegt.

Versucht man einen Vergleich dieser Zugkraft mit derjenigen auf einer gewöhnlichen Schiffswerfte zu machen, so ist vor Allem zu bemerken, dass solche Schiffswerften eine Neigung von 1 zu 12 erhalten müssen, damit nur das Schiff eben vom Stapel laufen, d. h. die Reibung überwinden kann, und dass diess in der Regel auch nur dann erfolgt, wenn das Schiff durch mechanische Mittel in Bewegung gesetzt wird.

Man kann daher auch die Reibung mit $^1/_{12}$ des Gewichtes mithin, da die schiefe Ebene eben auch eine Neigung von $^1/_{12}$ hat, die Gesammt-Zugkraft mit $^2/_{12} = ^1/_6$ des Gewichtes annehmen.

Da aber diese, wie wir früher gesehen haben, bei dem Slip blos $^{17}/_{200}$ oder etwa $^1/_{12}$ beträgt, so folgt hieraus, und da das Schiff, in so weit nämlich sein Gewicht wirksam wird, d. h. in so weit es theilweise oder ganz ausser Wasser ist, nahe gleich weit gezogen werden muss, dass bei dem Slip nur beiläufig der halbe Kraftaufwand erforderlich ist, welcher zudem noch durch die, gegenüber der Menschenkraft unverhältnissmässig billigere Dampfkraft ausgeübt wird.

Die ökonomischen Vortheile sind daher, ganz abgesehen von der weit grösseren Sicherheit und Schnelligkeit ebenso augenfällig.

Sämmtliche Maschinen sammt Wagen sind übrigens, wie schon bemerkt, ein Patent der Herren S. u. H. Morton, Leith Walk, und von ihnen geliefert. Die Aufstellung und Zusammensetzung in Triest besorgte aber der Maschinist der Dampfschiffahrts-Gesellschaft des österreichischen Lloyd, Herr A. Quintavalle.

Der vorderste Theil, als Trocken-Dock betrachtet, setzt endlich der Benützung keine anderen Schranken, als eben die Tauchung des Schiffes, welche höchstens 18 Wiener Fuss betragen darf. Der Dock kann daher für jedes Schiff von der Grösse einer Fregatte benützt werden.

VII.

Zusammenstellung

der Gesammtkosten des vereinigten Slip und Trocken-Docks.

In die folgende Zusammenstellung wurden sämmliche Auslagen nach den Verbuchungen des Administrators Herrn Carl Juris aufgenommen, nach den einzelnen Arbeiten vertheilt, und die wenigen noch nicht gänzlich beendeten Herstellungen mit ihren noch erforderlichen Kosten angesetzt.

Zur richtigen Beurtheilung der einzelnen Kostenbeträge, so wie der sich ergebenden Einheitspreise, glaube ich nur noch auf die, in jeder Beziehung solide Ausführung aufmerksam machen und daran erinnern zu sollen, dass fast eben so viel bei Nacht, als bei Tag gearbeitet wurde, mithin nicht dieselbe Leistungsfähigkeit der Arbeiter wie bei blosser Tagarbeit angenommen werden kann, dass ferner die Arbeiten durch den beschränkten Bauplatz, die Gerüstungen, den höchst erschwerten Transport der Materialien, so wie überhaupt durch die gesammten Verhältnisse eines Baues unter Wasser nothwendig kostspieliger werden mussten, als ein Bau auf trockenem Lande.

№	Ausmass und Bezeichnung der hergestellten Arbeiten	Gesammt-Kosten		Hieraus resultirende Einheits-Preise		Anmerkung
	I. Kosten des Baues.					
1	1168 Kubikklafter **Santorin-Béton-Mauerwerk,** Santorin-Erde, Kalk, Sand, Steinstücke sammt Zerschlägeln, Mörtelmachen, Mischen und Einführen .	82772	16	70	52	Hiervon entfällt auf Santorin-Erde fl. 42. 40, auf Kalk fl. 11.—, auf Sand fl. 1. 10, auf Steintrümmer fl. 7. 12, auf Zerschlägeln derselben fl. 3.— und auf Arbeit fl. 5. 50.
2	Herstellung der **Formkästen** sammt **Laufgerüstungen,** Holz- und Eisen-Materiale, Anarbeiten und Beseitigung der Kästen nach Abschlag des Werthes des wieder gewonnenen Materials . . .	33096	48	28	20·1	per Kubikklafter Mauerwerk.
3	40 Currentklafter **Fangdämme,** Arbeit, Holz- und Eisen-Materiale, Lehmerde und Abtragen derselben, jedoch ohne Reconstructionen und nach Abschlag der wieder gewonnenen Materialien . . .	14196	11	354	57	per Current-Klafter Fangdamm.
4	Herstellung der **Sprengwerke,** Arbeit sammt Holz- und Eisen-Materiale nach Abschlag der wieder gewonnenen Materialien	12768	57	—	—	
5	995 Kubikklafter **Grund-Aushub** sammt **Ausbaggerung** für die Molo-Mauern und Verführung	10051	12	10	6·1	Das Materiale war grösstentheils vom Wasser ganz durchdrungen, musste in Kübeln 24 bis 30 Fuss hoch senkrecht gehoben und konnte dann erst in Schubkarren verführt werden.
6	240 Quadrat-Klafter **pilotirter Rost,** Arbeit, Holz, Pilotenschuhe, Nägel etc. sammt 200 Currentfuss Spundwände	24132	42	100	33	Die Piloten stehen 2 Fuss 3 Zoll von Mittel zu Mittel ab.
7	1820 Kubikklafter **Bruchstein-Mauerwerk** mit **Santorin-Mörtel** und **behauenen** Steinen, Arbeit sammt allen Materialien und **Gerüstungen**	107782	19	59	13	Hiervon entfällt auf Bruchstein fl. 14. 24, auf Kalk fl. 4. 40, auf Santorin-Erde fl. 16.—, auf Gerüstungen fl. 7. 18 und auf Arbeitslohn fl. 16. 51.
8	330 Quadrat-Klafter stehendes **Pflaster** aus reinen gleich grossen behauenen Bruchsteinen in Santorin-Mörtel; Arbeit sammt Materiale	5940	—	18	—	
9	21118 Kubikfuss **Quadermauerwerk** aus Istrianer Kalkstein, auf **sechs** Seiten rein in Krönel bearbeitet, Materiale sammt Anarbeiten, Versetzen und Mörtel	30017	10	1	25	Hiervon entfällt auf Stein durchschnittlich 41 kr., auf Anarbeiten an 5 Seiten 13 kr., auf die Zufuhr, Versetzen, Anarbeiten der 6. Seite, Mörtel etc. 31 kr.
10	1719 Kubikfuss **Quadern** mit eingearbeiteten Stiegen-Stufen aus Sand- und Kalkstein; Materiale, Arbeit, Versetzen etc.	2583	55	1	30	
11	8941 Kubikfuss **Quadermauerwerk** aus Sandstein (Macigno) auf 6 Seiten rein bearbeitet; Materiale, Arbeit, Versetzen etc.	8503	57	—	57	Hiervon entfällt auf Stein 16, auf Anarbeiten an 5 Seiten 11 kr., auf die Zufuhr, Versetzen, Anarbeiten an der 6. Seite, Mörtel etc. 30 kr.
12	720 Quadratfuss **Pflaster** aus Istrianer Kalkstein, 6 bis 8 Zoll dick, Materiale sammt Arbeit und Versetzen	900	—	1	15	
13	10 Stück **Anbindekegel** aus Istrianer Kalkstein, Materiale sammt Arbeit und fester Aufstellung . .	500	—	50	—	
	Fürtrag	333245	27			

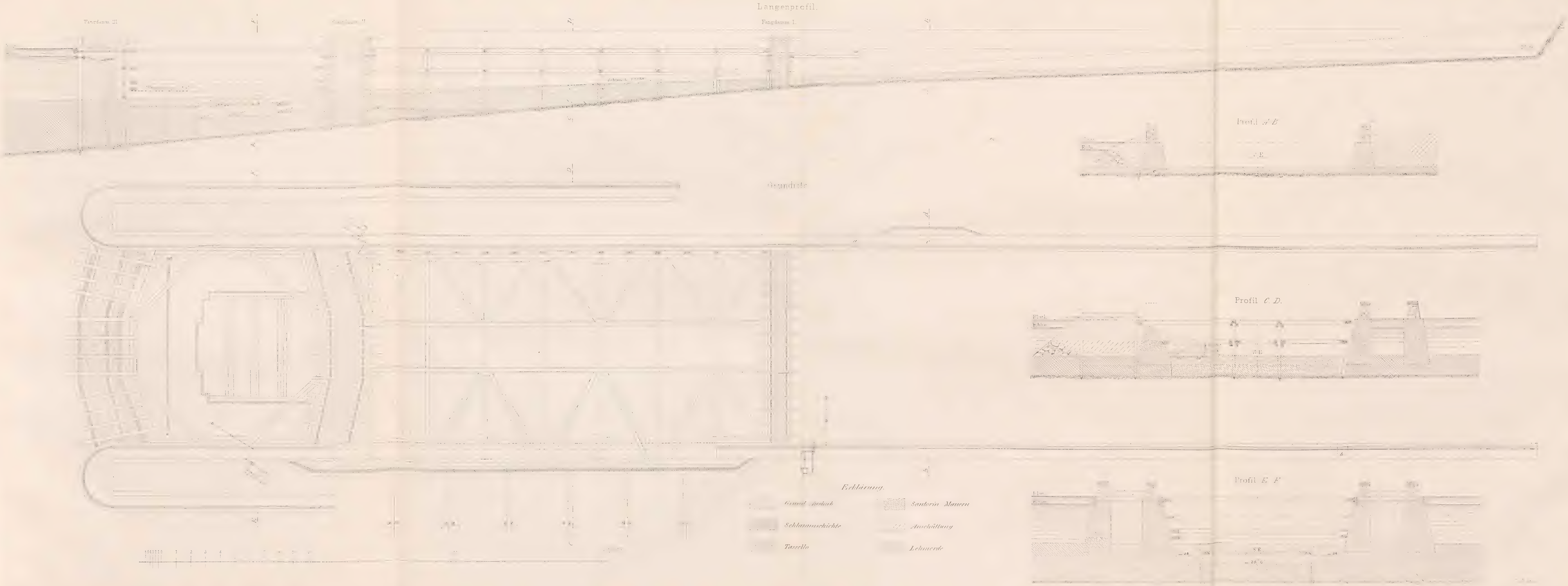
№	**Ausmass und Bezeichnung** der **hergestellten Arbeiten**	Gesammt-Kosten		Hieraus resultirende Einheits-Preise		**Anmerkung**
	Uebertrag	333245	27			
14	25·7 Quadratklafter **Pflaster** aus Sandstein-Platten (sogenannte Lastroni) Arbeit sammt Materiale etc. .	128	30	5	—	
15	11627 Quadratfuss 12 Zoll dicke **Deckplatten** aus Sandstein (Macigno), Materiale sammt Arbeit und Versetzen	6976	12	—	36	
16	13671 Kubikfuss Sandstein-**Quadern** als Unterlage der Schienen; Materiale, Arbeit und Versetzen .	12389	21	—	55	
17	**Einlassen der Schienen,** nämlich Versenken der Stoss- und Unterlags-Platten, Bohren der Löcher für die Nägel und genaue Abgleichung des Niveaus	451	12	—	—	
18	365 Tage und Nächte **Wasserschöpfen** mittelst der Dampfmaschine, Brennmateriale, Werg, Schmiere, Bedienung der Maschine, Reparaturen und Maschinenhaus etc.	23785	2	65	9	per Tag. Die Summe von 365 Tagen vertheilt sich auf 3 Jahre und hat sich durch Zufall eben mit 365 Tage ergeben.
19	630 Kubikklafter **Anschüttung** zwischen den Untermauerungen der Schienen im oberen Theile des Slip und den Molo-Mauern	4360	33	6	55	Das Materiale der Grund-Aushebung konnte nur sehr wenig zur Anschüttung benützt werden, und wurde in so weit nicht in Rechnung genommen.
20	324 Kubikklafter **Steinwurf** theilweise aus grossen Steinen (Tomboloni), seitwärts und vor den Molo-Köpfen, theilweise aus kleinen Steinen (Savorna) entlängst der rechtseitigen Molo-Mauer			15	—	für den grossen Steinwurf.
		4392	51	11	12	für den kleinen Steinwurf.
21	**Verschiedene Arbeiten,** als: Schliessen in den Molos, Drehbrücke, Nothgerüste, Wasserschöpfen mittelst Handarbeit, Strassenherstellungen, Aufsicht an Sonn- und Feiertagen, so wie in Nächten, wo nicht gearbeitet wurde, Trinkwasser für die Arbeiter, Schleussenthor, Anschüttung zwischen dem Steinwurfe und der rechtseitigen Slip-Mauer u. dgl.	12009	44	—	—	Diese verschiedenen Arbeiten sind in Voranschlägen sehr schwer zu berücksichtigen und würden, auf die bis 20 angeführten Arbeiten vertheilt, dieselben so wie die Einheitspreise um 3½ % erhöhen.
22	**Beleuchtung** für Nachtarbeiten an Fackeln . . .	16004	24	—	—	Die Beleuchtung beträgt beiläufig 10% **aller Arbeitslöhne** von solchen Herstellungen, bei welchen in der Nacht gearbeitet wurde.
23	**Elementar-Ereignisse,** als: Einsturz der linkseitigen Slip-Mauer, Beschädigungen der Santorin-Kästen durch Wellenschlag, Reparaturen und Reconstructionen der Fangdämme, Verdämmungen der Durchbrüche des Wassers etc. etc.	32509	34	—	—	Die Elementar-Ereignisse betragen circa 7% der Gesammt-Baukosten.
24	Maschinen, Requisiten und Werkzeug-**Abnützung** . .	3747	10	—	—	Beträgt nicht ganz 2% **aller Arbeitslöhne,** und wurde als Ergänzung zu einer **runden Summe** zugeschlagen.
	Total-Kosten des Baues . fl.	450000	—			

№	Ausmass und Bezeichnung der hergestellten Arbeiten	Gesammt-Kosten	Hieraus resultirende Einheits-Preise	Anmerkung
	II. Kosten der anderen Einrichtungen.			
25	Die von Herrn Morton gelieferte **Dampfmaschine, Aufzugmaschine,** der **Wagen** sammt Ketten etc. kostet sammt Transport und Zusammenstellung in Triest	75000 —		
26	Die erst herzustellende **Pumpe** zum Ausschöpfen des Dock mittelst der vorhandenen Dampfmaschine kann veranschlagt werden auf	10000 —		
27	Die Kosten des in der Ausführung stehenden **Schwimmthores** sammt Transport hierher und Zusammensetzung hier dürften betragen	50000 —		
28	Hierzu endlich der entfallende Betrag des **Maschinenhauses**	15000 —		
	Summe der Kosten der verschiedenen Einrichtungen . .	150000 —		
	Hierzu die Kosten des Baues mit	450000 —		
	Gesammtkosten des vereinigten Slip und Trocken-Dock's sammt allen Einrichtungen und Bauten	600000 —		

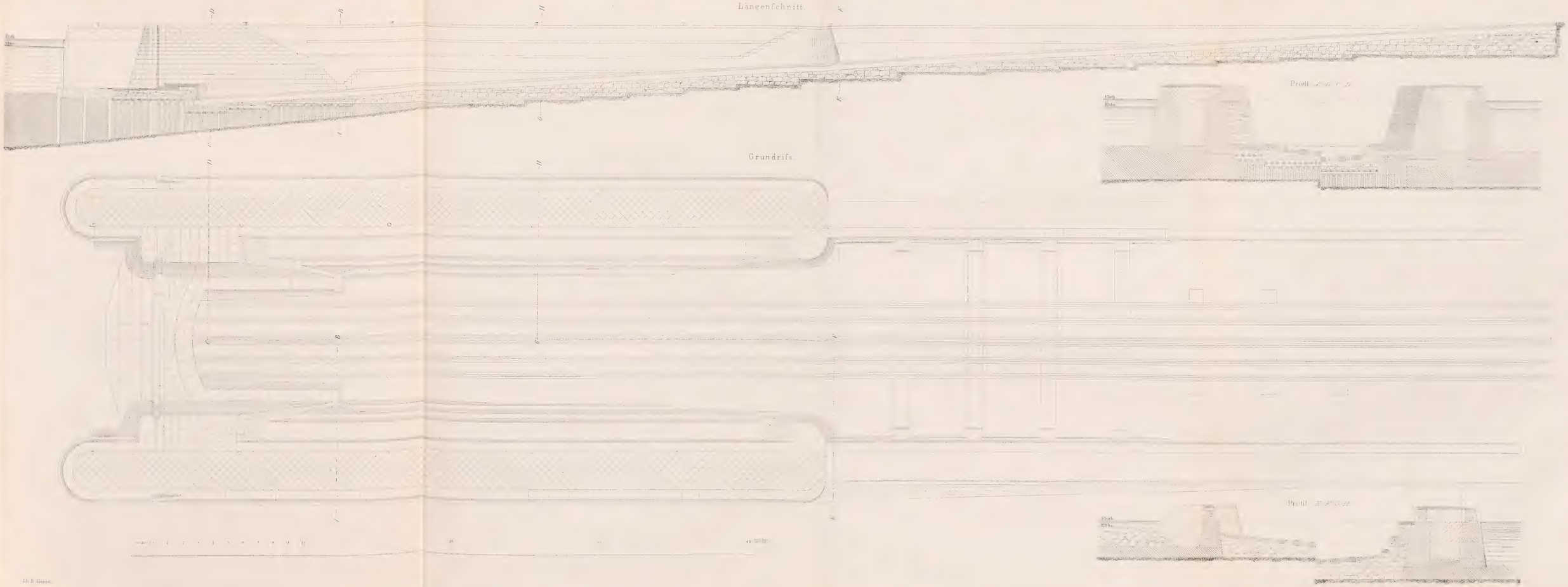
INHALTS-VERZEICHNISS.

		Seite
I.	Geschichte des Projectes	1
II.	Die Santorin-Erde und ihre Verwendung	8
III.	Geschichte des Baues. Erste Zeitperiode vom 1. Juni 1853 bis 9. Juni 1854	26
IV.	Geschichte des Baues. Zweite Zeitperiode vom 9. Juni bis Ende December 1854	35
V.	Geschichte des Baues. Dritte Zeitperiode vom 1. Jänner bis Ende December 1855	44
VI.	Geschichte des Baues. Vierte Zeitperiode vom 1. Jänner 1856 bis zu seiner Beendigung	57
VII.	Zusammenstellung der Kosten	64

DARSTELLUNG DER FANGDÄMME, SPRENGWERKE etc. während des Baues.

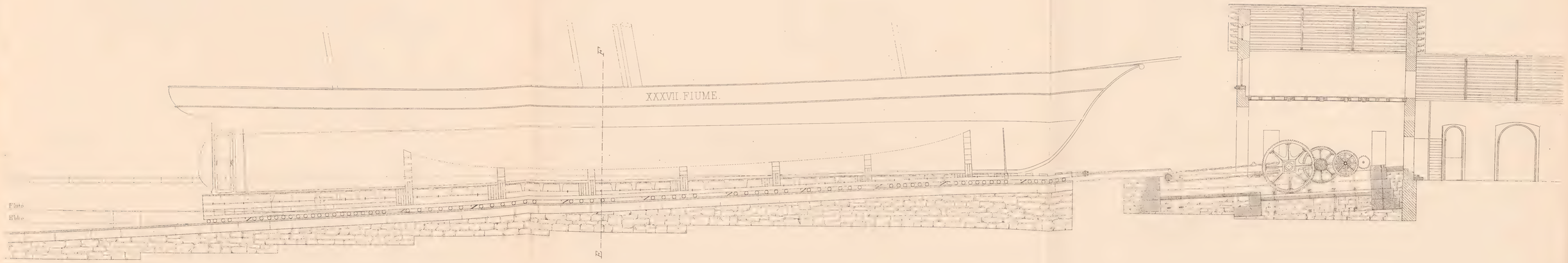


GENERAL-PLAN DES SLIP.

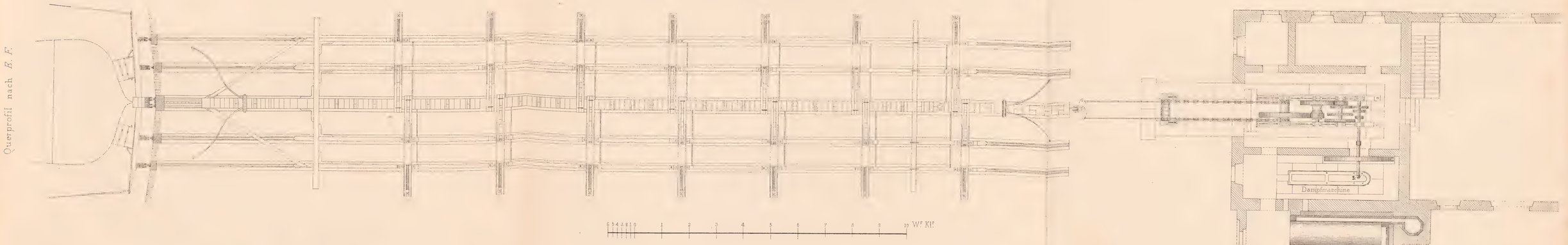


Lit. B. Linnerl.

LÄNGENANSICHT DER AUFZUGSMASCHINE SAMMT WAGEN UND DARAUF BEFINDLICHEM SCHIFFE.



GRUNDRISS DER AUFZUGSMASCHINE UND DES WAGENS OHNE SCHIFF.



Lith. B. Kinast.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Heider, Eduard

Der Bau des vereinigten Slip- und Trocken-Dock's im neuen Arsenale des ö sterreichischen Lloyd in Triest

Triest 1856
2 A.hydr. 13 d
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10933979-5